

Een validatieonderzoek van de Polar® Vantage M optische hartfrequentiemeter.

Mens en Techniek | Bewegingstechnologie, De Haagse Hogeschool

Lesley Jorden Bladergroen

11005394

11-6-2019

Een validatieonderzoek van de Polar® Vantage M optische hartfrequentiemeter.

Mens en Techniek | Bewegingstechnologie, De Haagse Hogeschool

Lesley Jorden Bladergroen

11005394

11-6-2019

Begeleiders: Manon Kessels (1^e) & Rochus van der Doef (2^e).

Samenvatting

Een validatieonderzoek van de Polar® Vantage M optische hartfrequentiemeter.

INLEIDING: De markt voor de draagbare hartfrequentiemeters groeit en deze meters zijn voor (top)sporters een belangrijk meetinstrument. Uit onderzoek blijkt dat veel optische hartfrequentiemeters niet valide zijn. Daarom is de Polar® Vantage M (PVM) gevalideerd aan de gouden standaard, de Polar® H10 (PH10), om het voor de gebruikers inzichtelijk te maken of de PVM valide meet. De verwachting is dat PVM valide meet ($r \geq 0,800$). **METHODE:** 23 gezonde proefpersonen ($22,61 \pm 2,37$ jaar, $1,79 \pm 0,09$ cm, $74,89 \pm 8,9$ kg & 57% mannelijk) hebben meegedaan aan het onderzoek, waarvan er 21 geanalyseerd zijn. De proefpersonen vervulden de inspanningsprotocollen Binnen (aangepaste Ebbeling-test) en Buiten (aangepaste Zoladz-test) zonder problemen. Door middel van de Pearson Correlatietest en een Lineaire Regressieanalyse zijn de r en r^2 bepaald. Ook is er gekeken naar schalingsfouten en systematische fouten. **RESULTATEN:** Uit de statistische toetsen blijkt dat de PVM bij alle geanalyseerde blokken (zeer) zwak gecorreleerd zijn aan de PH10 ($r_{TotaalBuiten} = ,770$ & $r_{TotaalBinnen} = ,638$) ($p = ,000$). Ook blijkt dat er (forse) schalingsfouten ($A_{TotaalBuiten} = ,938$ & $A_{TotaalBinnen} = ,679$) en systematische fouten ($B_{TotaalBuiten} = 23,580$ & $B_{TotaalBinnen} = 21,328$) te zijn. **CONCLUSIE:** De Polar® Vantage M meet niet valide ten opzichte van de PH10 en moet gecorrigeerd worden.

Sleutelwoorden: Polar, hartfrequentie, optische meter, draagbare meter

Abstract

A validation study of the Polar® Vantage M optical heartrate monitor. **PURPOSE:** The market of wearable heartrate monitors grows and these monitors are an important measuring device for (elite) athletes. Study shows that many optical heartrate monitors are not valid. Therefore, the Polar® Vantage M (PVM) is validated to the golden standard, the Polar® H10, to make it clear to users whether the PVM measures valid. The expectation is that the PVM is valid ($r \geq 0,800$). **METHOD:** 23 healthy participant ($22,61 \pm 2,37$ years, $1,79 \pm 0,09$ cm, $74,89 \pm 8,9$ kg & 57% male) contributed to this study, of which 21 have been analysed. The participants accomplished the exercise protocols Binnen (modified Ebbeling-test) and Buiten (modified Zoladz-test) without complications. The r and r^2 were determined by means of the Pearson Correlation Test and a Linear Regression analysis. Scaling errors and systematic errors were also examined. **RESULTS:** The statistical tests show that the PVM is (very) poor correlated with the PH10 for all the blocks analysed ($r_{TotaalBuiten} = ,770$ & $r_{TotaalBinnen} = ,638$)

($p=,000$). It appears that there are (substantial) scaling errors ($A_{TotaalBuiten}=,938$ & $A_{TotaalBinnen}=,679$) and systematic errors ($B_{TotaalBuiten}=23,580$ & $B_{TotaalBinnen}=21,328$).

CONCLUSION: The Polar® Vantage M does not measure validly compared to the Polar® H10 and must be corrected.

Keywords: Polar, heart rate, optical sensor, wearable monitor

Inhoudsopgave

Inleiding	1
Methode.....	3
Proefpersonen	3
Dataverzameling	3
Resultaten	6
Beschrijvende statistiek	6
Toetsende statistiek.....	6
Discussie.....	10
Conclusie	15
Literatuur	16
Bijlage 1: Het Anamneseformulier	
Bijlage 2: Persoonskenmerkentabel	
Bijlage 3: Protocollen vooraf aan de metingen	
Bijlage 4: Protocol Polar® Hartfrequentiemeters	
Bijlage 5: Inspanningsprotocollen.....	
Bijlage 6: Analyseblokken	
Bijlage 7: Verwijderde datapunten.....	
Bijlage 8: Projectvoorstel	
Bijlage 9: Persoonlijke leerdoelen.....	

Inleiding

Draagbare hartfrequentiemeters zorgen voor een jaarlijkse omzet van ongeveer \$50 miljard wereldwijd (Gillinov et al. 2017). Het is daarom ook niet onverwacht dat er stormachtige ontwikkelingen plaatsvinden in het verbeteren van de techniek achter de hartfrequentiemeters.

Hartfrequentiemeters zijn er in verschillende soorten. De meest gebruikte meters worden gebruikt in combinatie met een borstband (eventueel vast te maken aan een sport BH).

Ook optische meters zijn veelgebruikt. Optische

hartfrequentiemeters werken via fotoplethysmografie. Dit is een non-invasieve methode die LED-licht gebruikt om de hartfrequentie te meten, gebaseerd op bloedstroom. Tenslotte zijn ringmeters (voor om de vinger) en oordopmeters nieuwere meters die nog niet veel worden gebruikt. Het meten van de hartfrequentie met draagbare meters wordt voor een steeds groter deel van de (top)sporters een toegankelijke tool om de fysieke gesteldheid bij te houden of te verbeteren, zowel voor binnen- en buitensporten.

Er zijn tientallen validatieonderzoeken bekend die de hartfrequentiemeters (met hartfrequentieband) vergelijken met de gouden standaard, de ECG-meting (Gamelin et al. 2006 & 2008, Nunan et al. 2008 & 2009, Porto et al. 2009, Vanderlei et al. 2008, Weippert et al. 2010, Quintana et al. 2012 & Wallén et al. 2012). Het bleek dat deze hartfrequentiemeters kleine, maar acceptabele afwijkingen vertoonde en valide bleken ten opzichte van de gouden standaard ($r=,85$ -.99). In het onderzoek van Gillinov et al. (2017), waar optische hartfrequentiemeters vergeleken zijn met de gouden standaard, bleek dat de gebruikte optische hartfrequentiemeters minder valide bleken te zijn ($r=,67$ -.92). De Polar® Vantage M (FIGUUR 1) is de nieuwe optische hartfrequentiemeter van Polar®. Echter zijn er nog geen onderzoeken verricht naar de validiteit van de nieuwe meter, ten opzichte van de gouden standaard.

Het doel van het onderzoek is om in kaart te brengen of de Polar® Vantage M valide meet ten opzichte van een meting met een hartfrequentieband, zowel voor binnen- en buitensporten. Door hier een kritische blik op te werpen, wordt het voor de doelgroep ((toekomstige) gebruikers van hartfrequentiemeters die gebruik maken van optische meters) inzichtelijk of hun hartfrequentiemeter meet wat het moet meten. In dit onderzoek zal dus de volgende onderzoeksvraag centraal staan: “Meet de optische hartfrequentiemeter Polar®



FIGUUR 1: Polar® Vantage M

Vantage M valide ten opzichte van Polar® H10 hartfrequentieband?”.

Gillinov et al. (2017) heeft verschillende (optische) hartfrequentiemeters vergeleken met ECG-metingen. In dit onderzoek werd een meter als valide gezien wanneer $r \geq 0,800$. Uit dit onderzoek bleek dat de Polar® H7 hartfrequentieband een correlatiecoëfficiënt had van $r = 0,996$. Er wordt aangenomen dat de nieuwere versie, de Polar® H10 hartfrequentieband tenminste een gelijke correlatiecoëfficiënt vertoont en wordt in dit onderzoek gezien als gouden standaard. De optische meters bleken niet allemaal valide. Zo bleken de Apple watch, TomTom Spark en Garmin Forerunner ($r = 0,92$, $r = 0,83$ & $r = 0,81$) valide, maar de Scosche Rhythm+ en de Fitbit Blaze ($r = 0,75$ & $r = 0,67$) niet. De hypothese is als volgt. De verwachting is dat de Polar® Vantage M valide meet ten opzichte van de Polar® H10 tijdens de binnen meting en de buiten meting. Voor beide geldt dat de Polar® Vantage M valide is als $r \geq 0,800$.

Methode

Proefpersonen

Voor dit onderzoek werd de testgroep gevormd door 23 proefpersonen, waarvan 12 mannen en 11 vrouwen ($22,61 \pm 2,37$ jaar, $1,79 \pm 0,09$ cm, $74,89 \pm 8,9$ kg). In TABEL 1 zijn de inclusie- en exclusiecriteria weergegeven. Personen die niet voldeden aan de inclusiecriteria werden geëxcludeerd voor dit onderzoek. Vooraf aan het onderzoek werd een anamneseformulier ingevuld door de proefpersoon (bijlage 1). De volgende persoonskenmerken zijn genoteerd (bijlage 2): Naam, Leeftijd, Lengte, Gewicht, BMI, Aantal aerobe sporturen per week, Hartfrequentie in rust (HF_{rust}), Maximale hartfrequentie (HF_{max}).

TABEL 1: Inclusie- en Exclusiecriteria van de testgroep.

Inclusiecriteria	Exclusiecriteria.
Mannen en vrouwen	Personen met vastgestelde cardiovasculaire aandoeningen.
Leeftijd tussen 20 en 30 jaar (Giles et al. 2015)	Personen met vastgestelde longaandoeningen
Aerobe sporters	Anaerobe sporters
Body Mass Index tussen 18.5 en 25	Het hebben van een pacemaker
Moet het inspanningsprotocol zonder problemen kunnen afleggen	
Ten minste 3 aerobe sporturen per week	

De metingen vonden plaats in een periode van 9 weken. Tijdens de metingen is gebruik gemaakt van de Polar® Vantage M (versie 2.0.7) en de Polar® H10 (versie 2.1.9). De “Meting Binnen” vond plaats bij Fit For Free (vestiging Dordrecht). Hier is gebruik gemaakt van een loopband (Precor Loopband TRM 631) om het inspanningsprotocol af te nemen. De buiten metingen vonden plaats in natuurgebied De Elzen. De Meting Buiten werd alleen gedaan wanneer het niet regende en wanneer de windkracht lager was dan windkracht 5.

Dataverzameling

Alle proefpersonen hebben dezelfde inspanningsprotocollen gevolgd. Voorafgaand aan de metingen zijn de volgende protocollen gevolgd: Meting rusthartfrequentie (HF_{rust}) & Berekening maximale hartfrequentie (HF_{max}) (Tanaka et al. 2001). Deze protocollen zijn te vinden in bijlage 3. Alle metingen zijn verricht met de Polar® Vantage M (PVM) en de

Polar® H10 (PH10) en werden bevestigd, gestart en uitgelezen zoals is beschreven in bijlage 4 (voor meting *HF_{rust}* werd “Protocol Polar® H10” gebruikt uit bijlage 4).

De inspanningstest is opgedeeld in 2 inspanningsprotocollen: Inspanningsprotocol binnen & Inspanningsprotocol buiten.

Inspanningsprotocol Meting Binnen (Aangepaste Ebbeling-test)

Voor dit inspanningsprotocol werd de aangepaste Ebbeling-test (Ebbeling et al. 1991 & Takken, 2017) gebruikt. Vooraf is de *HF_{max}* bepaald. De proefpersoon ging op de loopband staan. De PVM en de PH10 zijn tegelijk gestart. De loopband werd aangezet op een snelheid tussen 3,2 km/uur en 7,2 km/uur, waarop de proefpersoon op een comfortabele manier het inspanningsprotocol kon afleggen. De proefpersoon liep voor een periode van 4 minuten, met een hellingshoek van 0% op deze snelheid. Het was niet toegestaan om deze snelheid tussendoor te veranderen. Na deze 4 minuten, werd de hellinghoek naar 5% gezet en liep de proefpersoon weer 4 minuten op de voorgaande snelheid. Wederom mocht deze snelheid niet veranderd worden. Wanneer de proefpersoon dit voldaan had, werd de snelheid verhoogd om de hartfrequentie op 30 slagen onder *HF_{max}* te krijgen. Wanneer dit bereikt was, werd dit 30 seconden volgehouden. Hierna was de inspanning voorbij en werden de metingen van de PVM en PH10 beëindigd volgens de bijbehorende protocollen. Als de proefpersoon een cooling-down wenste, vond deze naar eigen invulling plaats. De volledige beschrijving van het “Inspanningsprotocol Meting Binnen” is te vinden in bijlage 5. In bijlage 6 (TABEL 5 in de bijlage) is geeft een systematische weergave van de analyseblokken.

Inspanningsprotocol Meting Buiten (Aangepaste Zoladz-test)

Voor dit onderzoek werd een aangepaste Zoladz-test gebruikt (Takken, 2017). De meting vond buiten plaatsvinden in natuurgebied De Elzen. De test werd afgenomen onder goede weersomstandigheden (geen regen en windstoten zachter dan windkracht 5). Voor het beginnen van het lopen, werden de PVM en de PH10 tegelijk gestart. De proefpersoon begon met een periode van 2 minuten wandelen op dezelfde snelheid als de Meting Binnen (tussen 3,2 en 7,2 km/u). Vervolgens begon blok 1, waarbij tijdens het lopen, de hartfrequentie op 50 hartslagen onder de berekende *HF_{max}* zal bleef. Dit moest de proefpersoon 6 minuten lang volhouden. Vervolgens kreeg de proefpersoon 2 minuten rust. Wanneer deze 2 minuten voorbij waren, begon blok 2. Blok 2 is gelijk aan blok 1, behalve dat de proefpersoon nu op 30 slagen onder *HF_{max}* liep. Zo ook bij blok 3, waar de proefpersoon op 10 slagen onder *HF_{max}* liep. Wanneer blok 3 voorbij was, was de inspanningstest afgelopen. Ook wanneer de proefpersoon

blok 3 niet kon volbrengen, werd de inspanningstest gestopt. Blok 3 werd alleen meegenomen in het onderzoek als ten minste 80% van de proefpersonen blok 3 volbracht had. Na het einde van de inspanningstest, werden de metingen van de PVM en PH10 beëindigd volgens de bijbehorende protocollen. Als de proefpersoon een cooling-down wenste, vond deze naar eigen invulling plaats. De volledige beschrijving van het “Inspanningsprotocol Meting Buiten” is te vinden in bijlage 5. Bijlage 6 (TABEL 4, FIGUUR 4 in de bijlage) geeft de analyseblokken weer in een systematische en visuele weergave.

Data-analyse en statistiek

De data is uitgelezen in Polar® Flow (versie 4.0.3) en Polar® Beat (versie 3.0.1) en werd vervolgens geëxporteerd naar Excel (versie 1812), zoals beschreven in bijlage 4. De Excel-data is gecontroleerd op signaalverlies tijdens de metingen. In dat geval werd de parallel lopende data van de andere meting verwijderd. Vervolgens werd de data geordend zoals beschreven in bijlage 6. Tenslotte werd de data geëxporteerd naar SPSS (versie 20).

Per blok (bijlage 5) is er een correlatie- en een regressieanalyse uitgevoerd. Hierbij zijn de r en r^2 bepaald. Eerst werd bepaald of de verkregen data significant verband had (met een betrouwbaarheid van 95%). Wanneer dit het geval was en wanneer de data normaal verdeeld was, werd de Pearson Correlatietest toegepast. Wanneer de r van totaal Meting Binnen en totaal Meting Buiten $r \geq 0,800$ en wanneer er geen schalingsfout [A] (Tussen 0,95 en 1,05) en systematische fout [B] (maximaal 5% van laagst gemeten waarde) aanwezig was, werd dit gezien als valide (Gilinov et al. 2017).

Resultaten

Beschrijvende statistiek

Er hebben 23 proefpersonen in willekeurige volgorde geparticipeerd in dit onderzoek (voldeden aan de criteria). In TABEL 2 zijn de persoonskenmerken te vinden. Alle proefpersonen hebben de inspanningsprotocollen zonder problemen kunnen afleggen, zoals beschreven in de methode. Door software technische fouten zijn er 2 proefpersonen niet geanalyseerd. Bij de geanalyseerde data is geen ontbrekende data, door bijvoorbeeld signaalverlies, waargenomen. Tijdens de buitenmetingen was het tijdens alle metingen droog en bleef de windsnelheid onder windkracht 4. De gemeten hartfrequenties verschilden tussen 50 en 193 (PVM) en 59 en 196 (PH10). In totaal zijn 40.950 datapunten meegenomen in dit onderzoek. Er zijn 482 datapunten verwijderd die gezien werden als uitbijters (bijlage 7).

TABEL 2: Persoonskenmerken.

Kenmerk	Min	Max	Gem±STD
Leeftijd [jaar]	20	28	22,61±2,37
Gewicht [Kg]	60	93	74,89±8,9
Lengte [meter]	1,65	1,99	1,79±0,09
Aeroob [uur/week]	3	6	4,30±0,97
BMI	20,53	24,9	23,16±1,37
HFrust [slagen/min]	45	80	65,65±8,04

Toetsende statistiek

De data van de PVM werd vergeleken met de data van de PH10. Alle geanalyseerde blokken bleken normaal verdeeld en een significant verband met elkaar te hebben ($p < ,000$). De blokken zijn geanalyseerd door middel van de Pearson Correlatietest, een lineaire regressietest en de Bland-Altman methode. Uit de analyse bleek dat de correlaties varieerden tussen $r_{\text{BuitenBlok2,3}} = ,015$ en $r_{\text{TotaalBuiten}} = ,770$ (TABEL 3). Persoonskenmerken (Geslacht, Leeftijd, BMI, HFrust en Aerobe trainingsuren) zijn niet geassocieerd met de nauwkeurigheid van de hartfrequentiemetingen.

Meting Binnen

Er is werd een positieve correlatie gevonden bij “Totaal Binnen” ($r_{\text{TotaalBinnen}}(9881) = ,638$ (tweevoudig), $p = < ,05$) tussen PVM en PH10. Het bleek dat er een forse schalingsfout ($A = ,679$) en een systematische fout ($B = 21,328$) aanwezig was. Deze variabelen voorspelden

significant de hartfrequentie van de PH10, $F=6796,621$, $p<,05$, $r^2=,408$. Om de juiste hartfrequentie te voorspellen tijdens de meting binnen van de PVM, moet de volgende formule worden toegepast: $PH10(Binnen) = 0,64 * PVM(TOTbinnen) + 21,328$.

FIGUUR 2 laat een scatterplot zien van dit resultaat en het blijkt dat er wolkvorming ontstaat door de datapunten. Ook zijn er forse uitbijters te zien. Een Bland-Altman plot is gegenereerd om de spreiding weer te kunnen geven (FIGUUR 3). Uit de Limits of Agreement (LoA) blijkt dat er een grote variatie aan data is verkregen van de PVM en de PH10 ($BIAS= -5.95$, $LoA_{lower}=-30,93$ & $LoA_{upper}=18,93$). Er is dus weinig overeenstemming.

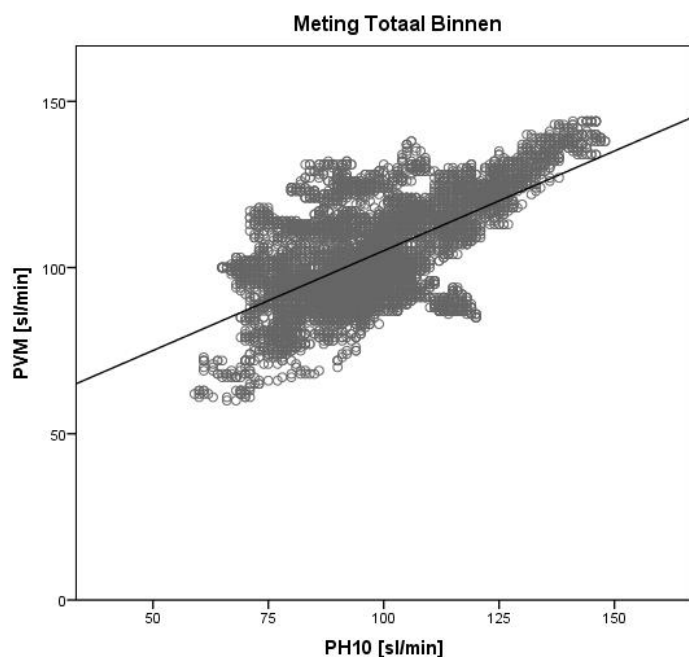
Meting Buiten

Een positieve correlatie is gevonden bij “Totaal Buiten” ($r_{TotaalBuiten}(29957)= ,770$ (tweevoudig), $p<,05$) tussen PVM en PH10. In TABEL 3 zijn de overige geanalyseerde blokken weergegeven. Ook hier is er een schalingsfout ($A=0,938$) en een systematische fout ($B=23,580$) aanwezig. Deze variabelen voorspelden significant de hartfrequentie van de PH10, $F=43638,888$, $p<,05$, $r^2=,593$ (Totaal Buiten). De formule om de juiste hartfrequentie te laten voorspellen vanuit de PVM is als volgt: $PH10(Buiten) = 0,94 * PVM(TOTbuiten) + 23,580$. Wederom is er wolkvorming ontstaan uit de datapunten en zijn er boven en onder de regressielijn uitbijters te zien (FIGUUR 4). Uit de Bland-Altman plot (FIGUUR 5) blijkt dat er een grotere variatie aan data verkregen is in vergelijking met Meting Binnen ($BIAS=15,19$, $LoA_{lower}=-15,88$ & $LoA_{upper}=46,26$) en ook hier blijkt weinig overeenstemming.

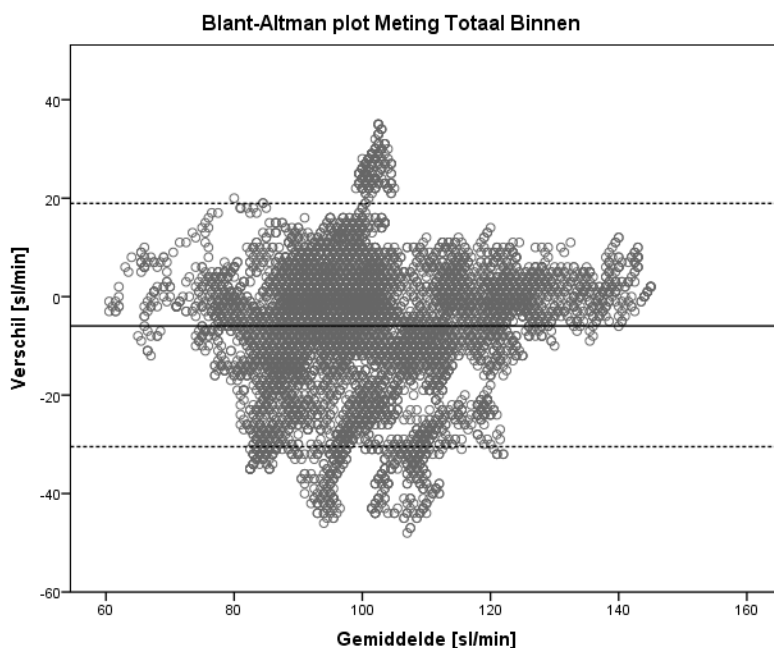
TABEL 3: Resultaten Binnen en Buiten.

	<i>N</i>	<i>r</i>	<i>r</i> ²	<i>B</i>	<i>A</i>
Totaal Buiten	29957	,770	,593	23,580	,938
Buiten Blok 1	9916	,770	,594	31,776	,823
Buiten Blok 2	10080	,614	,377	54,375	,712
Buiten Blok 3	9961	,693	,478	46,141	,828
Buiten Blok 1.1	1260	,438	,192	66,532	,542
Buiten Blok 2.1	1260	,565	,319	68,935	,608
Buiten Blok 3.1	1247	,779	,606	46,361	,793
Buiten Blok 1.3	3780	,286	,082	168,082	-,152
Buiten Blok 2.3	3780	,015	,000	164,153	-,005
Buiten Blok 3.3	3722	,220	,049	175,800	,048
Buiten Blok 1.6	7560	,361	,130	106,333	,285
Buiten Blok 2.6	7560	,369	,136	127,419	,237
Buiten Blok 3.6	7441	,531	,263	119,878	,383
Totaal Binnen	9881	,638	,408	21,328	,679
Binnen Blok 1	4901	,606	,367	33,339	,600
Binnen Blok 2	4980	,659	,434	24,192	,728
Binnen Blok 30	630	,107	,011	161,53	,022

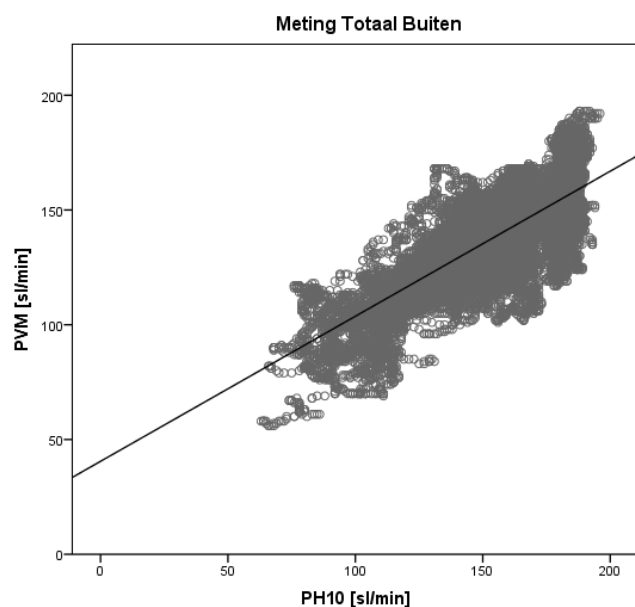
NOOT: [*N*]=Aantal datapunten na het verwijderen van de uitbijters, [*r*]=Correlatiecoëfficiënt die gevonden is na het toepassen van de Pearson Correlatietest, [*r*²]= Regressiecoëfficiënt welke is voortgekomen uit de Lineaire Regressietest, [*B*]= Lijnconstante (Systematische fout). Er is een systematische fout aanwezig als deze waarde hoger is dan 5% van de laagst gemeten waarde, [*A*]=Schalingsfout. Er is een schalingsfout aanwezig wanneer deze waarde buiten 0,95 en 1,05 ligt.



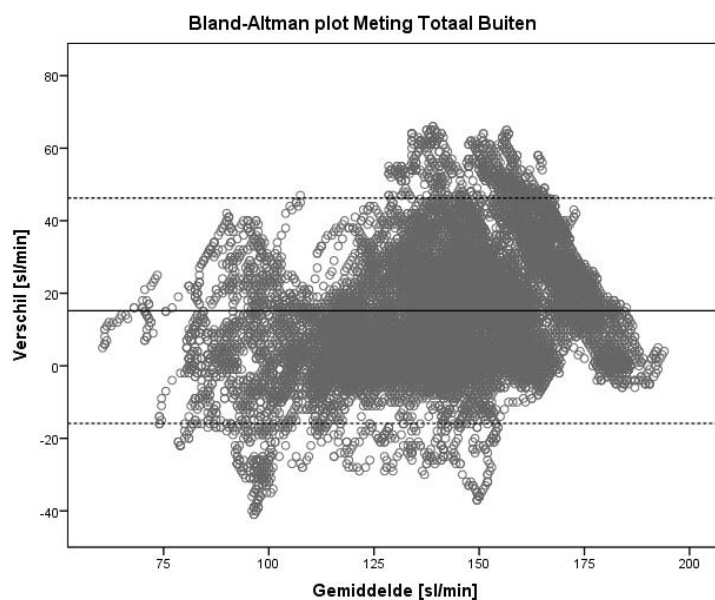
FIGUUR 2: Scatterplot Meting Binnen. Uit de geanalyseerde data van “Totaal Binnen” (overeenkomend met Meting Binnen) blijkt dat de PVM blijkt zwak gecorreleerd is aan de PH10 ($r_{\text{TotaalBinnen}} = ,638$). Ook blijkt er een schalingsfout ($A_{\text{TotaalBinnen}} = ,679$) en een systematische fout ($B_{\text{TotaalBinnen}} = 21,328$) te zijn.



FIGUUR 3: Bland-Altman plot van Meting Binnen en 95% Limits of Agreement (LoA). De data is verkregen van “BinnenTotaal” (TABEL 3). Het blijkt dat er een grote variatie aan data is verkregen van de PVM en de PH10 ($BIAS = -5,95$, $LoA_{\text{lower}} = -30,48$ & $LoA_{\text{upper}} = 18,93$). Er is dus weinig overeenstemming.



FIGUUR 4: Scatterplot Meting Buiten. Uit de geanalyseerde data van “Totaal Buiten” (overeenkomend met Meting Buiten) blijkt dat de PVM blijkt zwak gecorreleerd is aan de PH10 ($R_{\text{TotaalBuiten}} = ,770$). Ook blijkt er een schalingsfout ($A_{\text{TotaalBuiten}} = ,938$) en een systematische fout ($B_{\text{TotaalBuiten}} = 23,580$) te zijn.



FIGUUR 5: Bland-Altman plot van Meting Binnen en 95% Limits of Agreement (LoA). De data is verkregen van “BuitenTotaal” (TABEL 3). Het blijkt dat er een grote variatie aan data is verkregen van de PVM en de PH10 ($BIAS = 15,19$, $LoA_{\text{lower}} = -15,88$ & $LoA_{\text{upper}} = 46,26$). Er is dus weinig overeenstemming.

Discussie

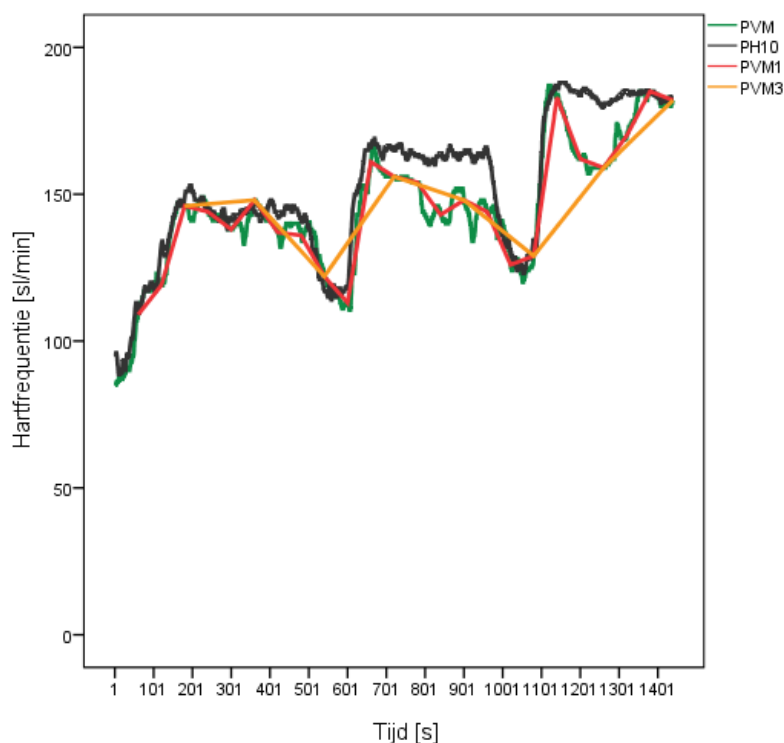
Het huidige onderzoek heeft onderzocht of de Polar® Vantage M valide meet ten opzichte van de Polar® H10. Om hier achter te komen zijn er binnen en buiten metingen verricht. De resultaten laten zien dat de PVM een zwakke overeenkomst vertoont met de PH10. Er is ook gevonden dat er een behoorlijk verschil is in de correlatiecoëfficiënt van de uitkomsten van de Binnen ($r_{TotaalBinnen} = ,639$) en Buiten ($r_{TotaalBuiten} = ,770$) meting. Uit de regressieanalyse blijkt dat er een (forse) systematische en schalingsfout is. De PVM moet met de volgende formules gecorrigeerd worden: $PH10(Buiten) = 0,94 * PVM(TOTbuiten) + 23,580$ & $PH10(Binnen) = 0,64 * PVM(TOTbinnen) + 21,328$. Vooraf is voorspeld dat de PVM valide meet ten opzichte van de PH10 ($r \geq ,800$).

In het onderzoek van Gillinov et al. (2017) wordt een hartfrequentieband (Polar® H7) vergeleken met ECG-metingen. Het blijkt dat, onder verschillende omstandigheden, de Polar® H7 een correlatiecoëfficiënt heeft van $r = ,99$. Andere optische meters bleken bij het echter zwakker te presteren (Apple Watch $r = ,93$, TomTom Spark $r = ,88$, Garmin Forerunner $r = ,92$, Scosche Rhythm+ $r = ,92$ & FitBit Blaze $r = ,76$) tijdens de metingen op de loopband. Uit deze resultaten blijkt dat de PVM zwak presteert, wanneer dit wordt vergeleken met $r_{TotaalBinnen}$. Echter maakte Gillinov et al. (2017) gebruik van een inspanningsprotocol waarbij de snelheid per anderhalve minuut met steeg (3,2 km/uur, 5,6 km/uur & 9,6 km/uur). Door deze snelheidsverschillen, is het aannemelijk dat er minder wolkvorming ontstaat van de datapunten. Dit zorgt naar verwachting voor een hogere correlatiecoëfficiënt. Daarom kan er in een vervolgonderzoek, aan de hand van hetzelfde inspanningsprotocol als Gillinov et al. (2017), de PVM worden vergeleken met de overige meters om te bepalen of de correlatie veranderd.

Bunn et al. (2019) heeft onderzoek gedaan naar de validiteit van de Mio Alpha (optische meter). Overeenkomend is dat er in dit onderzoek een protocol was voor een buiten meting en dat er gemeten werd met 1 Hz. Proefpersonen moesten 40 minuten een aaneengesloten activiteit verrichten naar eigen keuze (wandelen of hardlopen). Er zijn echter geen losse groepen gespecificeerd van wandelende en hardlopende proefpersonen. Wanneer Bunn et al. (2019) dit wel in de databestanden beschikbaar heeft, kan deze data worden vergeleken met het huidige onderzoek.

De Mio Alpha had een overeenkomst van $r = ,771$ (BIAS 5,73) met de Polar® PS800CX hartfrequentieband. Dit is een vergelijkbare opzet voor een buiten meting (wandelen tussen 3,5 km/uur en 5,5 km/uur en hardlopen op een hogere intensiteit). Dit resultaat komt

dicht in de buurt van $r_{TotaalBuiten}$ uit dit onderzoek en kan dus ook worden vergeleken met het huidige onderzoek. De PVM meet dus minder valide dan de Mio Alpha. Uit andere onderzoeken, waarbij de Mio Alpha gevalideerd is (Spierer et al. (2015), Stahl et al. (2016) & Wang et al. (2017)), blijkt dat de Mio Alpha grote verschillen vertoont in de correlatie ($r=,55-.93$). Echter zijn er ook grote verschillen in het filteren van de data. In dit onderzoek is er gemeten met 1 meting per seconde, terwijl er in de andere onderzoeken gemeten is met respectievelijk 0,2 Hz, 0,0167 Hz en 0,0056 Hz. Tijdens het meten



FIGUUR 6: Weergave van willekeurig proefpersoon, waarbij de data van de PVM tijdens Meting Buiten onder verschillende meetintervallen (PVM (1Hz), PH10 (1Hz), PVM1 (0.0167 Hz & PVM3 (0.0056 Hz)). Dit figuur laat zien dat er een grote hoeveelheid data verloren gaat wanneer met deze meetintervallen geanalyseerd wordt.

leek de PVM enigszins “achter te lopen” op de PH10. Wanneer dit zich voordoet in een tijdsbestek van 60 seconden, heeft dit vanzelfsprekend een grote invloed op de correlatiecoëfficiënt. In FIGUUR 6 is de Meting Buiten van een willekeurig persoon geplot in een lijndiagram. De lijnen “PVM” en “PH10” geven de werkelijk gemeten data weer in 1 Hz, “PVM1” in 0,0167 Hz en “PVM3” in 0,0056 Hz. In dit figuur is grafisch weergegeven hoeveel data er verloren kan gaan wanneer er voor een lagere samplefrequentie gekozen wordt en kan verschillende correlatiecoëfficiënten als gevolg hebben. Daarnaast bestaat de kans dat er net een uitbijter geregistreerd wordt en dat deze dus wordt meegenomen in de analyse. In vervolgonderzoek kan worden gekeken naar de invloed van een bepaalde samplefrequentie op de correlatie, zodat kan worden bepaald of de uitkomsten de onderzoeken (Spierer et al. (2015), Stahl et al. (2016) & Wang et al. (2017)) met elkaar vergeleken kunnen worden.

Uit dit onderzoek blijkt dat de correlatiecoëfficiënten flink uiteen lopen ($r=,015-.779$). De laagste correlatie is gevonden bij Buiten Blok 2.3 ($r=,015$, $B=164,153$ & $A=-,005$) en Binnen Blok 30 ($r=,107$, $B=161,53$ & $A=,022$). Bij beide resultaten is te zien dat de uitkomsten door de schalingsfout bijna worden gereduceerd tot 0 en vervolgens een hoge

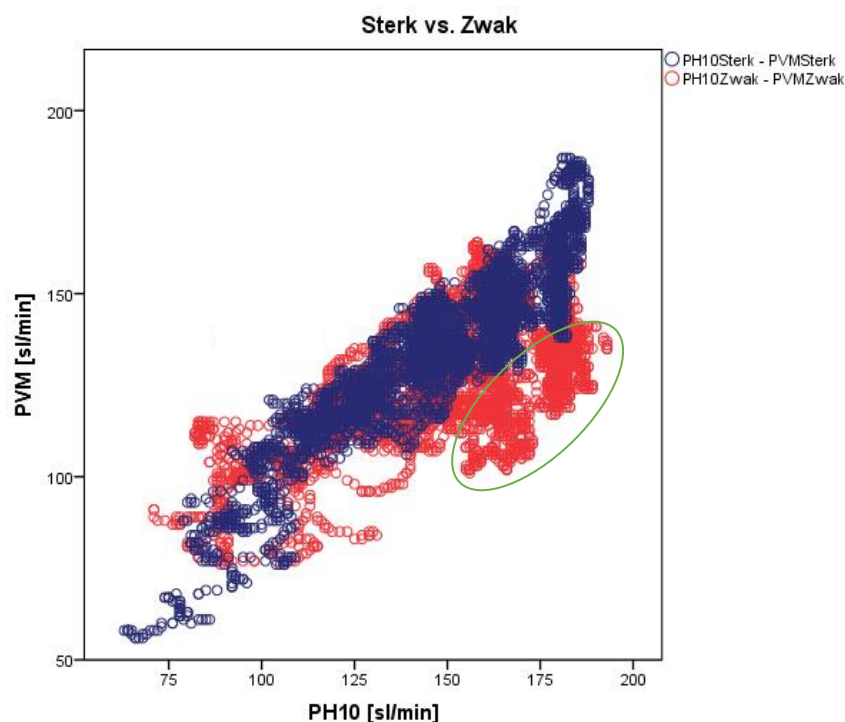
constante (B) daarbij opgeteld krijgen. Het blijkt dus dat, wanneer er op bepaalde hartfrequenties getraind wordt, de PVM niet nauwkeurig is. Toch is het niet onverwacht dat deze blokken (samen met Buiten Blok 1.3 en Buiten Blok 3.3) een lage correlatie vertonen. Dit zijn namelijk delen van de test waarbij de gevraagd werd om op een vaste hartfrequentie te lopen. Dit zorgt voor meer wolkvorming en een lagere correlatie. Ook zijn er hogere correlaties gevonden, namelijk in Buiten Blok 3.1 ($r=,779$), Totaal Buiten en Buiten Blok 1 (beide $r=,770$). In deze blokken vindt er een grote variatie aan hartfrequenties plaats, waardoor er minder wolkvorming is en de kans op een hogere correlatie groter is. In vervolgonderzoek moet er dus een inspanningsprotocol beschreven worden, waarbij er meer variatie is in de hartfrequentie (door de snelheidsverschillen bijvoorbeeld).

Wanneer de Buiten Meting per proefpersoon geanalyseerd werd, werd er een groot verschil aan correlaties gevonden. Van de 21 geanalyseerde proefpersonen, bleken 15 proefpersonen een correlatiecoëfficiënt te vertonen van $r>,800$ ($r=,850$ -, 947). Van de overige proefpersonen bleken 4 proefpersonen een lagere correlatie te vertonen ($r=,573$ -, 698) dan $r=,779$. Wanneer er een nieuwe correlatiecoëfficiënt bepaald wordt als deze 4 proefpersonen als uitbijters gezien worden (aantal proefpersonen = 17), blijkt dat de PVM meer valide meet ($r_{\text{TotaalBuiten}}=,818$). Ook blijkt er een kleinere systematische fout ($B=19,223$) te zijn en er is geen schalingsfout aanwezig ($A=,958$). De PVM blijkt dus valide te meten, maar niet bij elke proefpersoon. Wanneer er naar de relatieve hartfrequentie van 4 proefpersonen met de laagst vertoonde correlatie wordt gekeken, blijkt dat de correlatiecoëfficiënt nog steeds laag is ($r=,577$). Dit is berekend door $HFrust$ te beschouwen als 0% en $HFmax$ als 100%. Wat opvalt is dat de maxima van de meetinstrumenten verschillen, namelijk 78,40% (PVM) en 101,60% (PH10). Daarnaast blijkt dat er een groot verschil is bij de absolute verschillen tussen de meetinstrumenten, wanneer de laatste 100 samples vergeleken worden. De PVM meet

gemiddeld een stuk lager ($130 \text{ sl/min} \pm 6 \text{ sl/min}$) dan de PH10 ($182 \text{ sl/min} \pm 3 \text{ sl/min}$). Als de eerste 100 samples van dezelfde proefpersonen vergeleken worden, blijken de gemiddelden veel dichter bij elkaar in de buurt te liggen (PVM, $97 \text{ sl/min} \pm 10 \text{ sl/min}$ & PH10, $98 \text{ sl/min} \pm 12 \text{ sl/min}$). De PVM meet bij de desbetreffende proefpersonen aan het begin nauwkeuriger dan aan het einde van de meting. Dit wordt ondersteund door FIGUUR 7 waarbij te zien is (groen omcirkeld) dat de PVM bij vrijwel alle gemeten hartfrequenties van de 4 proefpersonen met een zwakke correlatie tussen 100 en 150 sl/min

meet, terwijl de PH10 150 tot 200 sl/min meet. Bij 2 van deze proefpersonen werd het inspanningsprotocol gelopen op platte zaalvoetbalschoenen. Er is een onderzoek bekend waarbij is onderzocht of het gewicht van de schoenen invloed heeft op de $\text{VO}_2\text{-max}$ (Franz et al. 2012), maar er is geen onderzoek bekend waarbij het gewicht van de schoenen een relatie legt tussen de hartfrequentie. In een vervolgonderzoek kan dit onderzocht worden.

Er zijn verschillende onderzoeken die overeenkomen met het huidige onderzoek. Toch zijn er verschillende sterke onderscheidende punten. Ten eerste bevat dit onderzoek een buitenmeting met de basis van een gestandaardiseerd inspanningsprotocol. Het is belangrijk om buiten te meten, omdat dat de omgeving is waar de gebruikers veel gebruik maken van hartfrequentiemeters. Uit dit onderzoek blijkt dat $r_{\text{TotaalBuiten}} = .770$. Dit is een (fors) lagere correlatiecoëfficiënt dan gevonden is bij andere validatieonderzoeken. Toch hoeft dit niet een slechte uitkomst te zijn, omdat de kans dat de gebruiker van de PVM groot is dat het buiten gebruikt wordt. Ten tweede is er een schalingsfout en een systematische fout gedefinieerd. Ook dit is niet gevonden in andere onderzoeken. Hierdoor kan een advies gegeven worden aan Polar® om de data met de juiste formule te berekenen om zo een hogere validiteit van de



FIGUUR 7: Weergave van de 4 proefpersonen met de hoogste correlatiecoëfficiënt (PH10Sterk-PVMSterk) ($r = .910-.947$) en 4 proefpersonen met de laagste correlatiecoëfficiënt (PH10Zwak-PVMZwak) ($r = .573-.698$). Te zien is dat de zwakke groep vaak een lagere hartfrequentie meet met de PVM wanneer de PH10 in de hoge hartfrequenties meet (groen omcirkeld).

PVM te verkrijgen. Ten derde wordt er in dit onderzoek met 1 meting per seconde gemeten. Dit is ook de standaardinstelling van alle Polar®-producten en zal naar verwachting ook niet snel veranderd worden door de gebruiker. In onderzoeken van Gillinov et al. (2017), Spierer et al. (2015), Stahl et al. (2016) & Wang et al. (2017) bevindt zich een grotere tijd tussen de meetintervallen. Dit is een reden dat de uitkomsten van het huidige onderzoek een betere afspiegeling geven van de werkelijkheid.

Naast sterkte, onderscheidende punten zijn er ook verbeterpunten. Zo is tijdens de buiten metingen een vaste ronde gelopen in natuurgebied de Elzen. In dit recreatiegebied bevinden zich een aantal dijken, waarbij er hoogteverschillen optreden van ongeveer 4 meter. Doordat er op tijd gelopen werd en niet op afstand, kon het voorkomen dat de proefpersoon een dijk op liep, terwijl de hartfrequentie constant moest blijven. Het gevolg hiervan was dat de hartfrequentie moeilijk constant te houden was, waardoor er kleine pieken (en dalen) in het gemeten signaal te zien is. In een vervolgonderzoek kan de buiten meting worden afgelegd op een atletiekbaan, waar steeds dezelfde rondjes kunnen worden afgelegd, zonder hoogteverschillen. Ook is er in dit onderzoek niet specifiek beschreven op welke plek de PVM op de linker pols gedragen moest worden. Ook in vergelijkbare onderzoeken is dit niet gedefinieerd. Volgens de bijgeleverde gebruiksaanwijzing van de PVM moet het horloge circa 4 cm proximaal-dorsaal van het polsgewricht worden bevestigd, wat is aangehouden in dit onderzoek. Toch zijn sommige gebruikers hier niet van overtuigd en geven de voorkeur aan proximaal-palmair van het polsgewricht. Dit zou ook meer vanzelfsprekend zijn, vanwege de aanwezigheid van oppervlakkig liggende arteriën (a. ulnaris & a. radialis). Een suggestie voor een vervolgonderzoek is om te analyseren of er verschillen zijn tussen verschillen meetplekken op het lichaam. Tenslotte bleek het meetprotocol voor Meting Binnen niet de gewenste output te genereren. Bij het toepassen van een correlatietest ontstaat er wolkvorming, wanneer de hartfrequentie veelal op een constant niveau blijft. Om deze wolkvorming te voorkomen kan er een gelijkvormig inspanningsprotocol bepaald worden, zoals bij Meting Buiten. Dit trapsgewijs zwaarder wordende protocol leent zich beter voor een correlatietest.

Conclusie

Dit onderzoek is verricht om de volgende hoofdvraag te beantwoorden: “Meet de optische hartfrequentiemeter Polar® Vantage M valide ten opzichte van Polar® H10 hartfrequentieband?”. De resultaten van dit onderzoek laten zien dat de PVM een zwakke overeenkomst vertoont met de PH10 ten opzichte van Meting Binnen ($r_{TotaalBinnen} = ,638$) en Meting Buiten ($r_{TotaalBuiten} = ,770$). De forse schalingsfouten en systematische fouten zorgen ervoor dat de PVM gecorrigeerd moet worden met de volgende formules: $PH10(Buiten) = 0,94 * PVM(TOTbuiten) + 23,58$ & $PH10(Binnen) = 0,68 * PVM(TOTbinnen) + 21,328$. Er kan geconcludeerd worden dat de Polar® Vantage M niet valide meet ten opzichte van de Polar® H10.

Literatuur

- Bunn, J., Wells, E., Manor, J., & Webster, M. (2019). Evaluation of Earbud and Wristwatch Heart Rate Monitors during Aerobic and Resistance Training. *International journal of exercise science*, 12 (4) p. 374-384
- Ebbeling, C. B., Ward, A., Puleo, E. M., Widrick, J., Rippe, J. M. (1991). Development of a single-stage submaximal treadmill walking test. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 23 (8) p. 966 – 973.
- Gamelin, F. X., Baquet, G., Berthoin, S., Bosquet, L. (2008). Validity of the Polar S810 to measure Rr intervals in children. *International Journal of Sports Medicine*. 29 (2) p. 134 – 138.
- Gamelin, F. X., Berthoin, S., Bosquet, L. (2006). Validity of the Polar S810 heart rate monitor to measure Rr intervals at rest. *Medical Science of Sports Exercise*. 38 (5) p. 887 – 893.
- Giles, D., Draper, N., Neil, W. (2015). Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *European Journal of Applied Physiology*. 116 (3) p.563-571.
- Gillinov, S., Etiwy, M., Wang, R., Blackburn, G., Phelan, D., Gillinov, M. A., Houghtaling, P., Javadikasgari, H., Desai, M. Y. (2017). Variable Accuracy of Wearable Heart Rate Monitors during Aerobic Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 49 (8) p. 1697-1703.
- Franz, J. R., Wierzbinski, C. M., & Kram, R. (2012). Metabolic cost of running barefoot versus shod: is lighter better?. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44 (8), p. 1519-1525.
- Logan, N., Reilly, J. J., Grant, S., Paton, J. Y. (2000). Resting heart rate definition and its effect on apparent levels of physical activity in young children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 32 (1) p. 162-168.
- Nunan, D., Donovan, G., Jakovljevic, D. G., Hodges, L. D., Sandercock, G. R., Brodie, D. A. (2009). Validity and reliability of short-term heart-rate variability from the Polar S810. *Medical Science of Sports Exercise*. 41 (1) p. 243-250.

- Nunan, D., Jakovljevic, D. G., Donovan, G., Hodges, L. D., Sandercock, G. R., Brodie, D. A. (2008). Levels of agreement for Rr intervals and short-term heart rate variability obtained from the Polar S810 and an alternative system. *European Journal of Applied Physiology*. 103 (5) p. 529 – 537.
- Porto, L. L. G., Junqueira, J. (2009). Comparison of time-domain short-term heart interval variability analysis using a wrist-worn heart rate monitor and the conventional electrocardiogram. *Pacing Clinical Electrophysiology*. 32 (1) p. 43-51.
- Quintana, D. S., Heathers, J. A., Kemp, A. H. (2012). On the validity of using the Polar RS800 heart rate monitor for heart rate variability research. *European Journal of Applied Physiology*. 112 (12) p. 4179- 4180.
- Spierer, D. K., Rosen, Z., Litman, L. L., Fujii, K. (2015). Validation of photoplethysmography as a method to detect heart rate during rest and exercise. *Journal of medical engineering & technology*, 39 (5) p. 264-271.
- Stahl, S. E., An, H. S., Dinkel, D. M., Noble, J. M., Lee, J. M. (2016). How accurate are the wrist-based heart rate monitors during walking and running activities? Are they accurate enough?. *BMJ open sport & exercise medicine*, 2 (1).
- Takken, T. (2017). *Inspanningstests* (4^e ed.). Houten, Nederland: Bohn Stafleu van Loghum.
- Tanaka, H., Monahan, K. D., Seals, D.R. (2001). Age-Predicted Maximal Heart Rate Revised. *Journal of the American College of Cardiology*. 37 (1) 153 - 156.
- Vanderlei, L., Silva, R., Pastre, C., Azevedo, F. M. D., Godody, M. (2008). Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. *Brazilian Journal of Medical Biology and Rest*. 41 (10) p. 845 - 859.
- Wallén, M. B., Hasson, D., Theorell, T., Canlon, B., Osika, W. (2012). Possibilities and limitations of the Polar RS800 in measuring heart rate variability at rest. *European Journal of Applied Physiology*. 112 (3) p. 1153-1165.
- Wang, R., Blackburn, G., Desai, M., Phelan, D., Gillinov, L., Houghtaling, P., & Gillinov, M. (2017). Accuracy of wrist-worn heart rate monitors. *Jama cardiology*. 2 (1) p. 104-106.

Weippert, M., Behrens, M., Rieger, A., Behrens, K. (2014). Sample entropy and traditional measures of the heart rate dynamics reveal different modes of cardiovascular control during low intensity exercise. *Entropy*. 16 (1) 5698 - 5711.

Bijlage 1: Het Anamneseformulier

Naam en voornaam:

Gewicht (kg):

Lengte (m):

BMI ($\text{kg/m}^2 = \text{gewicht} / \text{lengte}^2$):

Geslacht (M/V):

Geboortedatum:

Geboorteplaats:

Woonplaats:

Huisarts:

Bij de volgende vragen het van toepassing zijnde antwoord aankruisen:

Risicofactoren		JA	NEE	?
1	Is de BMI hoger dan 30?			
2	Is er bij mannelijke familieleden (vader, zoon, broer) voor de leeftijd van 55 jaar of bij vrouwelijke familieleden (moeder, zus, of dochter) voor de leeftijd van 65 jaar een hartinfarct of plotse dood opgetreden of een bypass-operatie uitgevoerd?			
3	Rookt u of bent u recentelijk (binnen afgelopen half jaar) gestopt met roken?			
4	Heeft u hoge bloeddruk (bovendruk > 140, onderdruk > 90) en/of gebruikt u medicijnen tegen hoge bloeddruk?			
5	Heeft u een hoog cholesterolgehalte (boven de 5.2) en/of gebruikt u medicijnen tegen een hoog cholesterolgehalte?			
6	Heeft u diabetes (suikerziekte)?			
7	Beoefent u regelmatig één of meer actieve sporten? Zo nee, levert u op de meeste dagen vd week gedurende 30 minuten per dag een matige lichamelijke inspanning?			
8	Heeft u een hoog cholesterolgehalte (boven de 5 mmol/L)?			
SYMPTOMEN		JA	NEE	?
9	Heeft u wel eens pijn op de borst?			
10	Bent u wel eens kortademig in rust of bij lichte inspanning?			
11	Heeft u vaak last van duizeligheid?			
12	Valt u wel eens flauw?			
13	Heeft u wel eens duidelijk opgezette enkels?			
14	Heeft u regelmatig last van hartkloppingen?			
15	Gaat uw hart in rust wel eens heel snel (Boven de 100 per minuut)?			
16	Heeft u wel eens last van erge pijn in uw benen tijdens het lopen?			
17	Heeft u een hartafwijking (bijv. geruis)?			
18	Bent u wel eens abnormaal moe bij normale activiteiten?			
19	Heeft u astma, bronchitis, of andere longaandoening?			
20	Heeft u een schildklierandoening?			
21	Heeft u een leverziekte?			
22	Gebruikt u geregeld geneesmiddelen? Indien Ja, geef op achterzijde aan welke.			
23	Bent u ooit om gezondheidsredenen afgekeurd?			
24	Voelt u zich op dit moment gezond?			

Eventuele toelichting op één of meerdere antwoorden op de achterzijde van dit formulier.

Bijlage 2: Persoonskenmerkentabel

TABEL 1: Persoonskenmerken.[illegible]

Bijlage 3: Protocollen vooraf aan de metingen

Meting rusthartfrequentie (HF_{rust})

Voor de meting van de *HF_{rust}*, wordt de Polar® H10 gebruikt. De hartfrequentiemeter wordt bevestigd zoals beschreven is in “Protocol Polar® H10”. De proefpersoon gaat op de rug voor een periode van 10 minuten. Start de meting zodra de persoon aangeeft comfortabel te liggen. Wanneer de proefpersoon 10 minuten is gemeten, wordt het protocol gevolgd vanaf stap 5. De *HF_{rust}* wordt als volgt bepaald: Knip de data van de hartfrequentie uit tussen 60 en 600 seconden. Neem van deze waarden het gemiddelde. Dit is de *HF_{rust}*. Noteer deze in het Persoonskenmerkenoverzicht (Logan et al. 2000).

Berekening maximale hartfrequentie (HF_{max})

De maximale hartfrequentie (*HF_{max}*) wordt berekend door middel van de formule van Tanaka et al. (2001). Deze ziet er als volgt uit: $HF_{max} = 208 - (0,7 * Leeftijd)$. Noteer de uitkomst in het Persoonskenmerkenoverzicht.

Bijlage 4: Protocol Polar® Hartfrequentiemeters

In dit onderzoek wordt er gebruik gemaakt van 2 verschillende hartfrequentiemeters, de Polar® Vantage M en de Polar® H10. Om de metingen te verrichten worden 2 losse protocollen opgesteld, omdat beide meters van verschillende applicaties gebruik maken.

Protocol Polar Vantage M

De Polar® Vantage M (PVM) (versie 2.0.7) maakt gebruik van een optische sensor en wordt (redelijk) strak gedragen om de linker-pols tijdens de meting. De volgende stappen worden gevolgd.

- Er wordt gestart vanuit het startmenu.
- Druk op knop 5 en vervolgens op de rode knop 3.
- Scrol door het menu via knop 2 en knop 4 om bij de juiste sport te belanden.
- Druk op rode knop 3 en start de meting.
- Wanneer de meting is afgelopen, drukt men op knop 5 en houdt deze ten minste 3 seconden ingedrukt totdat de PVM aangeeft dat de training gestopt is.



FIGUUR 2: Polar Vantage M.

Er zijn 2 manieren om de absolute waarden te verkrijgen.

Manier 1:

- 1) Pak de oplaadstekker van de PVM en plug deze in, in de computer en de PVM.
- 2) Wanneer er een Polar® Flow account is aangemaakt, wordt automatisch de website van Polar® Flow geopend.
- 3) Ga naar het tabblad "TRAININGSDAGBOEK", en ga naar de datum van de training.
- 4) Klik op de kalender de juiste training aan (let op dat de juiste sport en gemeten tijd wordt gekozen).
- 5) Klik op "Sessie exporteren" en vervolgens op "Sessie (CSV)".
- 6) Om de gegevens juist af te kunnen lezen in Excel, wordt Rij A geselecteerd. Kies daarna tabblad "Gegevens" en knop "Tekst naar kolommen".
- 7) Klik op "Gescheiden" en dan "Volgende >".
- 8) Klik bij "Scheidingstekens" op "Komma" en zorg dat de rest uit staat. Druk vervolgens op "Volgende" en "Voltooien".
- 9) Sla het Excel-bestand op volgens de volgende template: PVM_(NAAM PROEFPERSON)_ (DATUM)_ (SOORT METING). Plaats het bestand in een daarvoor bestemd mapje.

Manier 2:

- 1) Open de Polar® Flow-app op de smartphone en zorg dat de PVM gekoppeld is aan de app.
- 2) Houd knop 5 ingedrukt, totdat de app aangeeft dat de PVM gekoppeld is. De PVM zal ook aangeven dat de synchronisatie gestart is.
- 3) Open Polar® Flow op de computer.
- 4) Volg nu dezelfde stappen van manier 1, te beginnen bij stap 3.

Protocol Polar® H10

De Polar® H10 (PH10) is een losse hartfrequentiemeter die met de Polar® Beat-app werkt. Er wordt het volgende protocol gevolgd:

- 1) Bevochtig de elektroden van de PH10 met water.
- 2) Bevestig de PH10 bij de proefpersoon. Bij mannen op de borst en bij vrouwen net onder de BH-band.
- 3) Open de Polar® Beat-app en zorg dat de PH10 gekoppeld is aan de app.
- 4) Zoek de juiste sport en druk vervolgens op “START” om de meting te starten.
- 5) Druk op de “Pauze”-knop om de meting te pauzeren en druk vervolgens op “Stop” om de meting te beëindigen.
- 6) De meting wordt nu automatisch geüpload naar Polar® Flow (zorg wel dat de Polar® Beat-app gekoppeld is aan Polar® Flow).
- 7) Volg nu de het protocol van de Polar® Vantage M, manier 1 vanaf stap 3.



FIGUUR 3: Polar H10 hartfrequentieband

Bijlage 5: Inspanningsprotocollen

Voor dit onderzoek zijn 2 inspanningsprotocollen opgesteld: Inspanningsprotocol Binnen & Inspanningsprotocol Buiten. Voor beide inspanningsprotocollen worden de “Protocol Polar® Vantage M” en “Protocol Polar® H10” gevolgd voor de metingen. Vooraf aan de meting wordt het anamneseformulier ingevuld. Wanneer er geen eigenaardigheden gevonden worden zullen de inspanningsprotocollen gevolgd kunnen worden.

Inspanningsprotocol Meting Binnen (aangepaste Ebbeling-test)

Voor dit inspanningsprotocol wordt de Ebbeling-test (Ebbeling et al. 1991 & Takken, 2017) gebruikt. Vooraf wordt de HF_{max} bepaald volgens het protocol. De proefpersoon gaat op de loopband. De PVM en de PH10 worden tegelijk gestart. De loopband wordt aangezet op een snelheid tussen 3,2 km/uur en 7,2 km/uur, waarop de proefpersoon op een comfortabele manier het inspanningsprotocol kan afleggen. De proefpersoon zal voor een periode van 4 minuten, met een hellingshoek van 0% op deze snelheid blijven lopen. Het is niet toegestaan om deze snelheid tussendoor te veranderen. Na deze 4 minuten, wordt de hellingshoek naar 5% gezet en zal de proefpersoon weer 4 minuten op de voorgaande snelheid lopen. Wederom mag deze snelheid niet veranderd worden. Tenslotte wordt de snelheid verhoogd totdat 30 slagen onder HF_{max} bereikt is. Dit wordt 30 seconden volgehouden. Wanneer de proefpersoon dit voldaan heeft, is de inspanning voorbij en worden de metingen van de PVM en PH10 beëindigd volgens de bijbehorende protocollen. Als de proefpersoon een cooling-down wenst, zal deze naar eigen invulling plaatsvinden (TABEL 2).

TABEL 2: Inspanningsprotocol Binnen meting

	Blok 1	Blok 2	Blok 30
Snelheid [km/u]	3,2 tot 7,2	3,2 tot 7,2	-
Tijd [min]	4	4	0:30
Hellingshoek [%]	0	5	5

Inspanningsprotocol Meting Buiten (aangepaste Zoladz-test)

Nadat de HF_{max} is, kan de meting beginnen. Voor dit onderzoek wordt er een aangepaste Zoladz-test gebruikt (Takken, 2017). De Zoladz-test is ontwikkeld door de Poolse fysioloog Jerzy Zoladz als veldtest voor de topsport in atletiek. De meting zal buiten plaatsvinden. Het parcours wat gelopen zal worden mag niet onderbroken worden door stoplichten, voorrangspaden en/of andere hinderingen. Daarom wordt de voorkeur gegeven om het protocol af te werken in natuurgebied, De Elzen. De onderzoeker zal meerijden met een fiets, zodat de nodige gegevens genoteerd kunnen worden en het proces bewaakt kan worden. De test mag niet afgenomen worden tijdens slechte weersomstandigheden, zoals regen en windstoten harder dan windkracht 4. Voor het beginnen van het lopen, worden de PVM en de PH10 tegelijk gestart.

De proefpersoon zal een zogeheten discontinue protocol lopen, waarbij de blokken met een toenemende intensiteit worden gelopen. De proefpersoon begint met blok 1 waarbij de hartfrequentie 50 hartslagen onder de berekende HF_{max} zal lopen. Dit zal de proefpersoon 6 minuten lang volhouden. Vervolgens krijgt de proefpersoon 2 minuten rust. Als deze 2 minuten voorbij zijn, dan begint blok 2. De proefpersoon zal nu gedurende 6 minuten op 30 hartslagen onder de HF_{max} lopen en krijgt daarna weer 2 minuten rust. Tenslotte begint dan blok 3. De proefpersoon zal gedurende 6 minuten op 10 hartslagen onder de HF_{max} lopen. Als blok 3 afgewerkt is, is de inspanningstest voorbij. Wanneer de proefpersoon blok 3 niet kan volbrengen, wordt de test gestopt. Blok 3 wordt betrokken bij de statistische analyse, wanneer het ten minste 10 proefpersonen gelukt is om dit blok te volbrengen. Na het einde van de inspanningstest, worden de metingen van de PVM en PH10

beëindigd volgens de bijbehorende protocollen. Als de proefpersoon een cooling-down wenst, zal deze naar eigen invulling plaatsvinden (TABEL 3).

TABEL 3: Inspanningsprotocol Buiten meting.

	Blok 1		Blok 2		Blok 3	
		50 onder		30 onder		10 onder
Hartfrequentie[sl/min]	x	Hfmax	Rust	Hfmax	Rust	Hfmax
Tijd[min]	2	6	2	6	2	6
	Snelheid					
	tussen 3,2 en		Actief herstel		Actief	
Opmerkingen	7,2 km/u		(wandelen)		herstel	

Bijlage 6: Analyseblokken

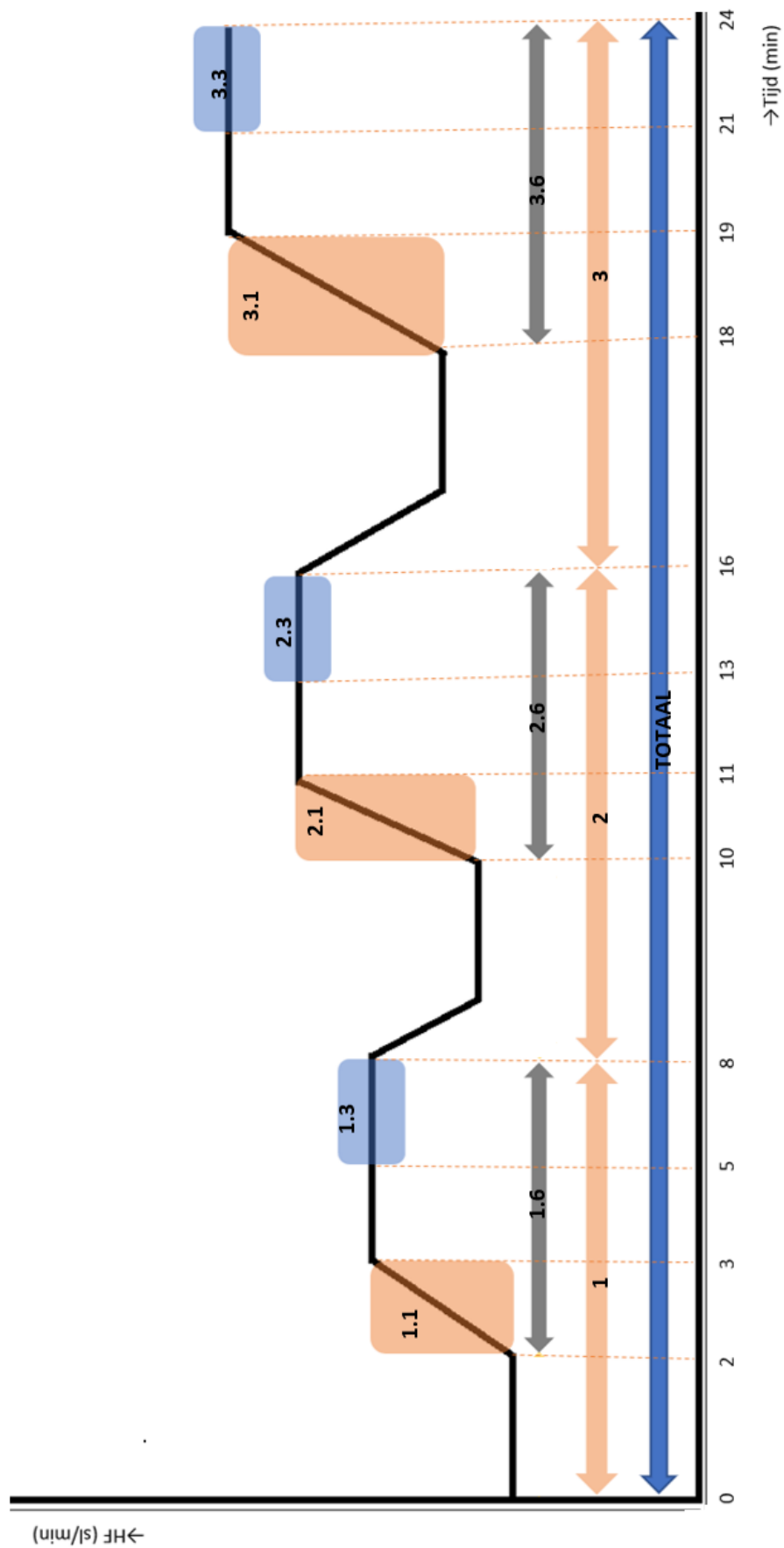
Wanneer de data verkregen is vanuit de metingen, wordt het geknipt en naar eigen inzage geordend volgens TABEL 4 en TABEL 5. FIGUUR 4 geeft een visuele weergave van de Buiten meting.

TABEL 4: Ordening data Buiten meting.

	Aantal samples	Aantal personen	Tijd [min]
Totaal	30240	21	00:00-23:59
Blok 1	11040	21	00:00-07:59
Blok 1.1	1440	21	02:00-02:59
Blok 1.3	4320	21	05:00-07:59
Blok 1.6	8640	21	02:00-07:59
Blok 2	11040	21	08:00-15:59
Blok 2.1	1440	21	08:00-08:59
Blok 2.3	4320	21	13:00-15:59
Blok 2.6	8640	21	10:00-15:59
Blok 3	11040	21	16:00-23:59
Blok 3.1	1440	21	18:00-18:59
Blok 3.3	4320	21	21:00-23:59
Blok 3.6	8640	21	18:00-23:59

TABEL 5: Ordening data Buiten meting.

	Aantal samples	Aantal personen	Tijd [sec]
Totaal	10080	21	00:00-07:59
Blok 1	5040	21	00:00-03:59
Blok 2	5040	21	04:00-07:59
Blok 30	630	21	Laatste 30 seconden



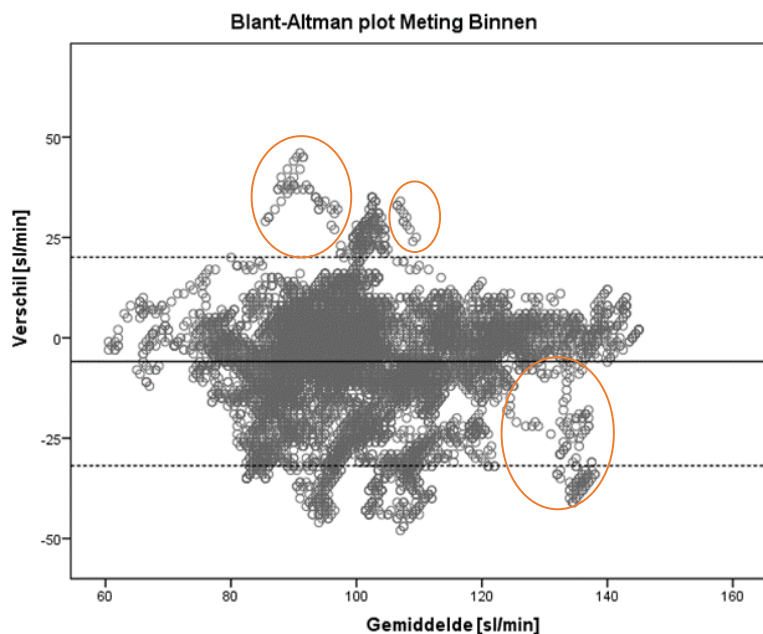
FIGUUR 4: Visualisatie van de analyseblokken van de buitenmeting

Bijlage 7: Verwijderde datapunten.

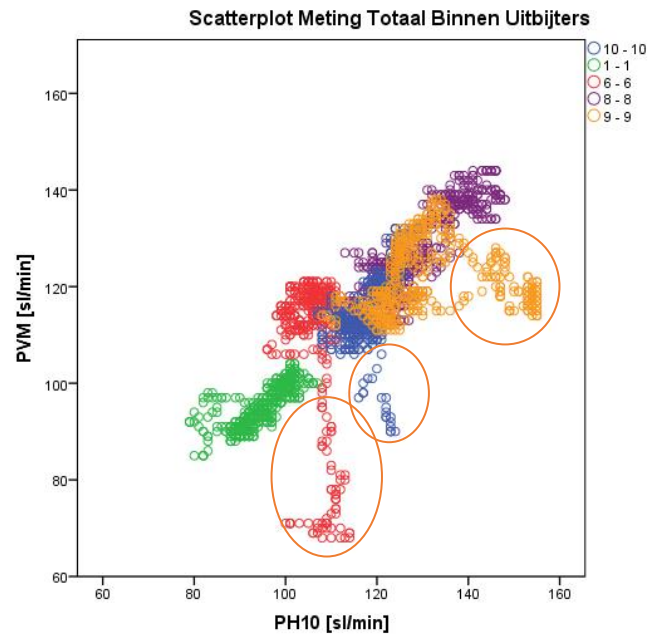
De metingen zijn geanalyseerd en geplot in een scatterplots en Bland-Altman plots. In deze bijlage is beschreven welke uitbijters zich voordeden en wat voor invloed de uitbijters hadden op de correlatiecoëfficiënt, regressiecoëfficiënt, systematische fout en schalingsfout.

Meting Binnen

In FIGUUR 6 is de Bland-Altman plot weergegeven van Meting Totaal Binnen. De uitbijters zijn met een oranje lijn omcirkeld. Door een scatterplot te maken van deze meting, waarbij elke proefpersoon een onderscheidende kleur kreeg, kon worden onderzocht waar de uitbijters vandaan kwamen (FIGUUR 7). Het bleek dat de volgende proefpersonen verantwoordelijk waren voor de uitbijters: 6,9 en 10. In beide figuren zijn de uitbijters met een oranje lijn omcirkeld. Hierdoor zijn er 199 datapunten verwijderd van “Meting Totaal Binnen”.



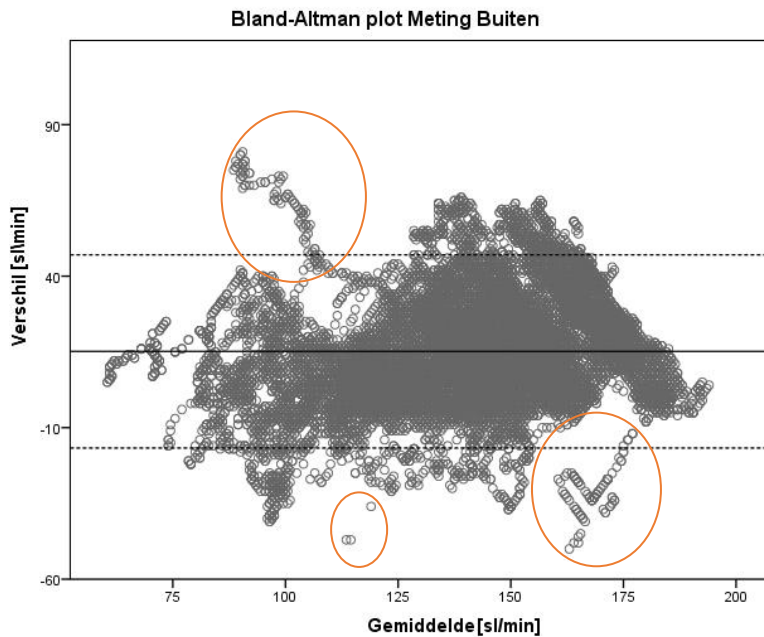
FIGUUR 6: Bland-Altman plot van Meting Totaal Binnen waarbij de uitbijters te zien zijn, aangegeven met de oranje cirkels.



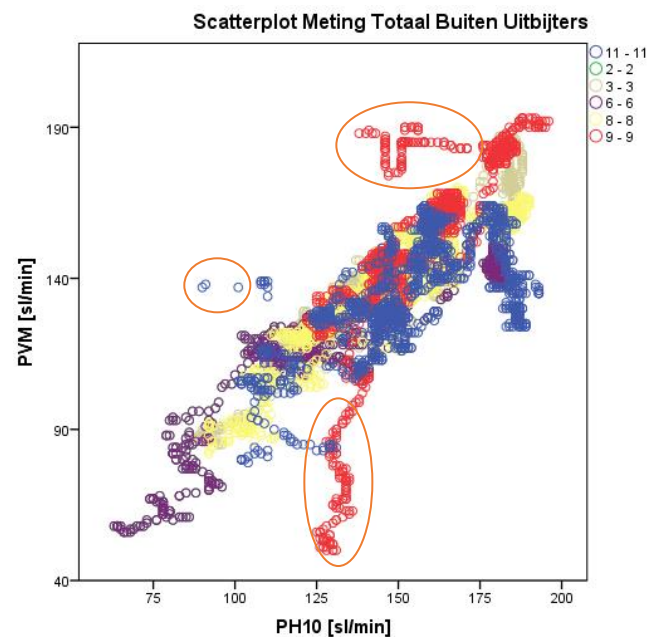
FIGUUR 7: Scatterplot van Meting Totaal Binnen, waarbij de uitbijters met de oranje cirkels aangegeven zijn.

Meting Buiten

Ook bij Meting Totaal Buiten zijn er uitbijters te zien. Wederom is er een Bland-Altman plot gegenereerd om uitbijters te lokaliseren en zijn de uitbijters omcirkeld met oranje lijnen (FIGUUR 8). In FIGUUR 9 is te zien welke proefpersonen verantwoordelijk waren voor deze uitbijters. Het bleek dat proefpersoon 6 (Rood) en 9 (Blauw) verantwoordelijk waren voor deze datapunten. Dit betrof 283 datapunten. Deze datapunten zijn verwijderd van “Meting Totaal Buiten”.



FIGUUR 8: Bland-Altman plot van Meting Totaal Binnen waarbij de uitbijters te zien zijn, aangegeven met de oranje cirkels.



FIGUUR 9: Scatterplot van Meting Totaal Binnen, waarbij de uitbijters met de oranje cirkels aangegeven zijn.

Bijlage 8: Projectvoorstel

**Wat is de validiteit van de optische hartfrequentiemeter Polar Vantage M ten opzichte
van Polar H10 hartfrequentieband?**

Herkansing definitief projectvoorstel

Lesley Bladergroen

11005394

Begeleider: Hester van der Sloot

Datum: 19-2-2019

Inleiding

Draagbare hartfrequentiemeters zorgen voor een jaarlijkse omzet van ongeveer \$50 miljard wereldwijd (Gillinov et al. 2017). Het is daarom ook niet onverwacht dat er stormachtige ontwikkelingen plaatsvinden in het verbeteren van de techniek achter de hartfrequentiemeters. Het meten van de hartfrequentie met draagbare meters wordt voor een steeds groter deel van de (top)sporters een toegankelijke tool om de fysieke gesteldheid bij te houden of te verbeteren, zowel voor binnen- en buitensporten. Ook in de onderzoekswereld is het een veelgebruikt medium.



FIGUUR 5: Polar Vantage M

Er zijn tientallen validatieonderzoeken bekend die de hartfrequentiemeters (met hartfrequentieband) vergelijken met de gouden standaard, de ECG-meting (Gamelin et al. 2006 & 2008, Nunan et al. 2008 & 2009, Porto et al. 2009, Vanderlei et al. 2008, Weippert et al. 2010, Quintana et al. 2012 & Wallén et al. 2012). Het bleek dat metingen, die verricht zijn met een hartfrequentieband, kleine maar acceptabele afwijkingen vertoonden en valide bleek ten opzichte van de gouden standaard. In het onderzoek van Gillinov et al. (2017), waar optische hartfrequentiemeters vergeleken zijn met de gouden standaard, bleek dat geen van de gebruikte optische hartfrequentiemeters valide bleek te zijn.

Het doel van het onderzoek is om in kaart te brengen of de Polar Vantage M (het meest recente model, FIGUUR 1) valide is ten opzichte van een meting met een hartfrequentieband, zowel voor binnen- en buitensporten. Door hier een kritische blik op te werpen, wordt het voor de doelgroep ((toekomstige) gebruikers van hartfrequentiemeters die gebruik maken van optische meters) inzichtelijk of hun hartfrequentiemeter meet wat het moet meten. In dit onderzoek zal dus de volgende onderzoeksvraag centraal staan: “Wat is de validiteit van de optische hartfrequentiemeter Polar Vantage M ten opzichte van Polar H10 hartfrequentieband?”.

In tweetal onderzoeken (Delgado-Gonzalo et al. 2015 & Benedetto et al. 2018) zijn optische hartfrequentiemeter vergeleken met een ECG-meting. Daaruit bleek dat de optische hartfrequentiemeters een correlatiecoëfficiënt hadden van $R^2=0.944$ en $R^2=0.935$ ten opzichte van de ECG-meting tijdens het meten in rust. De Polar H7 had een correlatiecoëfficiënt van $R^2=0.996$ (Gillinov et al. 2017) ten opzichte van de ECG-meting tijdens een meting in rust. Er wordt vanuit gegaan dat de nieuwere versie, de Polar H10 tenminste een gelijke correlatiecoëfficiënt vertoont en wordt in dit onderzoek gezien als gouden standaard. De hypothesen zijn als volgt. De verwachting is dat de Polar Vantage M valide meet ten opzichte van de Polar H10 tijdens de binnen meting en de buiten meting. Voor beide geldt dat dat de Polar Vantage M valide is als er geen significant verschil is en $R^2 \geq 0.800$.

Methode

Proefpersonen

Voor dit onderzoek wordt de testgroep gevormd door 15 proefpersonen, waarvan ongeveer de helft man en ongeveer de helft vrouw. In TABEL 1 zijn de inclusie- en exclusiecriteria weergegeven. Personen die niet voldoen aan de inclusiecriteria worden geëxcludeerd voor dit onderzoek. Vooraf aan het onderzoek wordt een anamneseformulier ingevuld door de proefpersoon (bijlage 1). De volgende persoonskenmerken worden genoteerd (bijlage 2): Naam, Leeftijd, Lengte, Gewicht, BMI, Aantal aerobe sporturen per week, Hartfrequentie in rust (HF_{rust}), Maximale hartfrequentie (HF_{max}).

TABEL 6: Inclusie- en Exclusiecriteria van de testgroep.

Inclusiecriteria	Exclusiecriteria.
Mannen en vrouwen	Personen met vastgestelde cardiovasculaire aandoeningen.
Leeftijd tussen 20 en 30 jaar (Giles et al. 2015)	Personen met vastgestelde longaandoeningen.
Aerobe sporters	Anaerobe sporters
Body Mass Index tussen 18.5 en 25	Het hebben van een pacemaker
Moet het inspanningsprotocol zonder problemen kunnen afleggen	Het gebruiken van bèta-blokkers (Gillinov et al. 2017)
Ten minste 3 aerobe sporturen per week	

De metingen zullen plaatsvinden in een periode van 6 weken. Tijdens de metingen zal gebruik worden gemaakt van de Polar Vantage M (versie 2.0.7) en de Polar H10 (versie 2.1.9). De binnen metingen vinden plaats bij Fit For Free (vestiging Dordrecht). Hier zal gebruik worden gemaakt van een loopband (Precor Loopband TRM 631) om het inspanningsprotocol af te nemen. De buiten metingen zullen plaatsvinden in natuurgebied De Elzen. De buiten metingen worden alleen gedaan wanneer het tijdens de meting niet regent en wanneer de windkracht lager is dan windkracht 5.

Protocol

Alle proefpersonen volgen dezelfde inspanningsprotocollen. Voorafgaand aan de metingen worden de volgende protocollen gevolgd: Meting rusthartfrequentie (HF_{rust}) & Berekening maximale hartfrequentie (HF_{max}) (Tanaka et al. 2001). Deze protocollen zijn te vinden in bijlage 3. Alle metingen worden verricht met de Polar Vantage M (PVM) en de Polar H10 (PH10) en worden bevestigd, gestart en uitgelezen zoals is beschreven in bijlage 4 (voor meting HF_{rust} wordt "Protocol Polar H10" gebruikt uit bijlage 4).

De inspanningstest wordt opgedeeld in 2 inspanningsprotocollen: Inspanningsprotocol binnen & Inspanningsprotocol buiten.

Inspanningsprotocol Binnen meting (Ebbeling-test)

Voor dit inspanningsprotocol wordt de Ebbeling-test (Ebbeling et al. 1991 & Takken, 2017) gebruikt. De proefpersoon gaat op de loopband staan. De PVM en de PH10 worden tegelijk gestart. De loopband wordt aangezet op een snelheid tussen 3,2 km/uur en 7,2 km/uur, waarop de proefpersoon op een comfortabele manier het inspanningsprotocol kan afleggen. De proefpersoon zal voor een periode van 4 minuten, met een hellingshoek van 0% op deze snelheid blijven lopen. Het is niet toegestaan om deze snelheid tussendoor te veranderen. Na deze 4 minuten, wordt de hellingshoek naar 5% gezet en zal de proefpersoon weer 4 minuten op de voorgaande snelheid lopen. Wederom mag deze snelheid niet veranderd worden. Wanneer de proefpersoon dit volstaat heeft, is de inspanning voorbij en worden de metingen van de PVM en PH10 beëindigd volgens de bijbehorende protocollen. Als de proefpersoon

een cooling-down wenst, zal deze naar eigen invulling plaatsvinden. De volledige beschrijving van het “Inspanningsprotocol Binnen meting” is te vinden in bijlage 5

Inspanningsprotocol Buiten meting (Aangepaste Zoladz-test)

Nadat de HF_{max} bepaald is, kan de meting beginnen. Voor dit onderzoek wordt er een aangepaste Zoladz-test gebruikt (Takken, 2017). De meting zal buiten plaatsvinden in natuurgebied De Elzen. De test mag niet afgenomen worden tijdens slechte weersomstandigheden, zoals regen en windstoten harder dan windkracht 4. Voor het beginnen van het lopen, worden de PVM en de PH10 tegelijk gestart. De proefpersoon begint met blok 1 waarbij tijdens het lopen, de hartfrequentie op 50 hartslagen onder de berekende HF_{max} zal blijven. Dit zal de proefpersoon 6 minuten lang volhouden. Vervolgens krijgt de proefpersoon 2 minuten rust. Als deze 2 minuten voorbij zijn, dan begint blok 2. Blok 2 is gelijk aan blok 1, behalve dat de proefpersoon nu op 30 slagen onder HF_{max} zal lopen. Zo ook bij blok 3, waar de proefpersoon op 10 slagen onder HF_{max} loopt. Als blok 3 voorbij is, is de inspanningstest voorbij. Ook wanneer de proefpersoon blok 3 niet kon volbrengen, wordt de inspanningstest gestopt. Na het einde van de inspanningstest, worden de metingen van de PVM en PH10 beëindigd volgens de bijbehorende protocollen. Als de proefpersoon een cooling-down wenst, zal deze naar eigen invulling plaatsvinden. De volledige beschrijving van het “Inspanningsprotocol Buiten meting” is te vinden in bijlage 5.

Data-analyse en statistiek

De data wordt uitgelezen in Polar Flow (versie 4.0.3) en Polar Beat (versie 3.0.1) en wordt vervolgens geëxporteerd naar Excel (versie 1812), zoals beschreven in bijlage 4. De Excel-data wordt gecontroleerd op signaalverlies tijdens de metingen. In dat geval wordt de parallel lopende data van de andere meting verwijderd. Vervolgens wordt de data geëxporteerd naar SPSS (versie 20).

Per proefpersoon wordt er een regressieanalyse uitgevoerd. Hierbij wordt de correlatiecoëfficiënt (R^2) bepaald. Eerst wordt bepaald of de verkregen data significant verschilt (met een betrouwbaarheid van 95%). Wanneer dit het geval is en wanneer de data normaal verdeeld is, wordt de Pearson Correlatietest toegepast. Wanneer de data niet normaal verdeeld is, wordt de Spearman Correlatietest toegepast. Wanneer de gemiddelde R^2 van alle proefpersonen, $R^2 \geq 0.800$, wordt dit gezien als valide (Gilinov et al. 2017).

Literatuur

- Benedetto, S., Caldato, C., Bazzanm E., Greenwood, D. C., Pensabene, V., Actis, P. (2018). Assessment of the Fitbit Charge 2 for monitoring heart rate. PLoS ONE. 12 (2). p. 1-10
- Delgado-Gonzalo, R., Parak, J., Tarniceriu, A., Renevey, P., Bertschi, M., Korhonen, I. (2015) Evaluation of accuracy and reliability of PulseOn optical heart rate monitoring device. Engineering in Medicine and Biology Society. 37 (1) p. 430 – 433.
- Ebbeling, C. B., Ward, A., Puleo, E. M., Widrick, J., Rippe, J. M. (1991). Development of a single-stage submaximal treadmill walking test. Medicine and Science in Sports and Exercise. 23 (8) p. 966 – 973.
- Gamelin, F. X., Baquet, G., Berthoin, S., Bosquet, L. (2008). Validity of the Polar S810 to measure Rr intervals in children. International Journal of Sports Medicine. 29 (2) p. 134 – 138.
- Gamelin, F. X., Berthoin, S., Bosquet, L. (2006). Validity of the Polar S810 heart rate monitor to measure Rr intervals at rest. Medical Science of Sports Exercise. 38 (5) p. 887 - 893.
- Giles, D., Draper, N., Neil, W. (2015). Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. European Journal of Applied Physiology. 116 (3) p.563-571.
- Gillinov, S., Etiwy, M., Wang, R., Blackburn, G., Phelan, D., Gillinov, M. A., Houghtaling, P., Javadikasgari, H., Desai, M. Y. (2017). Variable Accuracy of Wearable Heart Rate Monitors during Aerobic Exercise. Medicine & Science in Sports & Exercise. 49 (8) p. 1697-1703.
- Logan, N., Reilly, J. J., Grant, S., Paton, J. Y. (2000). Resting heart rate definition and its effect on apparent levels of physical activity in young children. Medicine & Science in Sports & Exercise. 32 (1) p. 162-168
- Nunan, D., Donovan, G., Jakovljevic, D. G., Hodges, L. D., Sandercock, G. R., Brodie, D. A. (2009). Validity and reliability of short-term heart-rate variability from the Polar S810. Medical Science of Sports Exercise. 41 (1) p. 243-250.
- Nunan, D., Jakovljevic, D. G., Donovan, G., Hodges, L. D., Sandercock, G. R., Brodie, D. A. (2008). Levels of agreement for Rr intervals and short-term heart rate variability obtained from the Polar S810 and an alternative system. European Journal of Applied Physiology. 103 (5) p. 529 – 537.
- Porto, L. L. G., Junqueira, J. (2009). Comparison of time-domain short-term heart interval variability analysis using a wrist-worn heart rate monitor and the conventional electrocardiogram. Pacing Clinical Electrophysiology. 32 (1) p. 43-51.
- Takken, T. (2017). Inspanningstests (4^e ed.). Houten, Nederland: Bohn Stafleu van Loghum.
- Quintana, D. S., Heathers, J. A., Kemp, A. H. (2012) On the validity of using the Polar RS800 heart rate monitor for heart rate variability research. European Journal of Applied Physiology. 112 (12) p. 4179 – 4180.
- Tanaka, H., Monahan, K. D., Seals, D.R. (2001). Age-Predicted Maximal Heart Rate Revised. Journal of the American College of Cardiology. 37 (1) 153 – 156.
- Vanderlei, L., Silva, R., Pastre, C., Azevedo, F. M. D., Godody, M. (2008). Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. Brazilian Journal of Medical Biology and Rest. 41 (10) p. 845 – 859.

Wallén, M. B., Hasson, D., Theorell, T., Canlon, B., Osika, W. (2012). Possibilities and limitations of the Polar RS800 in measuring heart rate variability at rest. *European Journal of Applied Physiology*. 112 (3) p. 1153-1165.

Weippert, M., Behrens, M., Rieger, A., Behrens, K. (2014). Sample entropy and traditional measures of the heart rate dynamics reveal different modes of cardiovascular control during low intensity exercise. *Entropy*. 16 (1) 5698 – 5711.

Bijlage 9: Persoonlijke leerdoelen

Er zijn tijdens de studie vele aspecten van de menselijke bewegingen en de techniek naar voren gekomen. Zodoende zijn er onderwerpen die ik beter snap dan andere. Toch zullen de meeste leerdoelen betrekking hebben op het doen van onderzoek aan de mens en dan met name de fysiologische aspecten. Dit heeft vooral mijn interesse en daar wil ik dus ook beter in worden.

Leerdoel 1: Ik wil mij verbeteren in het doen van kwantitatief onderzoek door wekelijks gerichte vragen te stellen aan de deskundigen.

Toelichting: Mijn doel is om na de studie Bewegingstechnologie, de master Bewegingswetenschappen te volgen. Daarvoor is het belangrijk dat ik goed ben in het doen van onderzoek. Een veel voorkomend aspect is het kwantificeren van data. Daarom wil ik met mijn afstudeeronderzoek veel werken met kwantitatieve data en daar zal ik mijn onderzoek ook op vormgeven. Ik zal wekelijks mijn netwerk benutten die ik heb opgebouwd in de laatste jaren en zal daar gerichte vragen aan stellen die bijdragen aan dit onderzoek.

Evaluatie: Ik denk dat ik mij in dit specifieke deel van kwantitatief onderzoek goed heb verbeterd. In veel vergelijkbare onderzoeken worden dezelfde analysemethoden toegepast. Daarnaast heb ik geleerd om met SPSS te werken en hier conclusies uit te trekken.

Leerdoel 2: Ik wil meer kennis opdoen op het gebied van hartfrequentie en sporten.

Toelichting: Doordat ik graag veel met sport bezig ben, blijft de interesse en de kennis groeien. Door hier een afstudeeronderzoek naar te doen hoop ik hier nog meer kennis over te krijgen en zal getoetst worden door middel van het eindcijfer voor dit afstudeeronderzoek.

Evaluatie: Wat mij vooral heeft doen verbazen is dat er een groot verschil is binnen de sporters. Van sommige sporters verwachtte ik dat ze zwaardere blokken gemakkelijk konden afwerken, terwijl dat niet altijd het geval was. Hier kan ik in de toekomst rekening mee houden.

Leerdoel 3: Ik wil mij verbeteren in het schrijven van inleidingen van een wetenschappelijk onderzoek. Door gebruik te maken van het zandlopermodel van Caroline Doorenbosch hoop ik dit te bewerkstelligen.

Evaluatie: Het projectvoorstel was goedgekeurd en er is daarna weinig veranderd. Dan was het ook zaak om de rest kort en bondig te schrijven. Dit werd ook opgemerkt, waardoor dit voldoening gaf.