

De relatie tussen subjectief en objectief gemeten inspanning bij waterpoloërs

EEN PRAKTIJKONDERZOEK

Student: Romi Kampen

Studentnummer: 368669

Scriptiebegeleider / supervisor: Carla van der Kruk

Datum: januari '22

HANZEHOGESCHOOL GRONINGEN | OPLEIDING FYSIOTHERAPIE



Samenvatting

Inleiding: Competitieve atleten hebben als doel op een steeds hoger niveau te presteren. Om deze verbetering in sportprestaties te kunnen bereiken zijn is het regelmatig en gedoceerd toedienen van een trainingsprikkel met overload nodig. Wanneer het principe van overload te ver wordt doorgevoerd gaat het lichaam over zijn adaptatiegrenzen heen en kunnen positieve trainingseffecten uitblijven. Extreme training kan op lange termijn leiden tot kortdurende overbelasting of structurele overtraining. Overtraining is een veelvoorkomend probleem in de sport en topsport. Ook in de zwemsport is overtraining een groot probleem. Het monitoren van de trainingsbelasting en inspanning van een atleet is belangrijk om te bepalen of een atleet zich aanpast aan het trainingsprogramma en daarmee het beoogde trainingseffect bereikt. Daarnaast is het monitoren van inspanning belangrijk voor het preventief signaleren van het risico op overbelasting, blessures en ziekte. Vermoeidheid omvat zowel objectieve als subjectieve elementen. In dit onderzoek wordt antwoord gegeven op de volgende onderzoeksvraag: “Wat is de relatie tussen objectief en subjectief gemeten inspanning bij waterpoloërs tijdens een waterpolotraining van 90 minuten?”

Methode: Om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag is in dit onderzoek gebruik gemaakt van een kwantitatief cross-sectioneel onderzoek. Voor dit onderzoek zijn de spelers van vier waterpoloteams van zwemvereniging Swol1894 benaderd. De participanten zijn gevolgd tijdens een waterpolotraining van 90 minuten. Tijdens deze training hebben er twee meetmomenten plaatsgevonden, na periode één en na periode drie. De participanten droegen gedurende de hele training een hartslagmeter met borstband en horloge. Tijdens de meetmomenten heeft de onderzoeker de hartfrequentie van de participanten genoteerd en is de ervaren inspanning uitgevraagd door middel van de Borg-RPE schaal. De waarden zijn verzameld in Excel. Voor het uitvoeren van de analyse is gebruik gemaakt van SPSS software. De correlatie tussen de subjectief en objectief gemeten inspanning is bepaald met behulp van de Spearman's correlatie toets.

Resultaten: In totaal hebben 31 participanten deelgenomen aan dit onderzoek, waarvan 15 vrouwen en 16 mannen. De gemiddelde leeftijd van de participanten is 24,7 ($\pm 3,8$) jaar. De Spearman-correlatie wijst uit dat er een significant, sterk positief verband bestaat tussen de Borg-RPE score en hartfrequentie na periode één ($r = .733$; $p = <0.001$; $N = 31$) en na periode drie ($r = .737$; $p = <0.001$; $N = 31$).

Conclusie: Uit deze studie blijkt dat er een significante relatie bestaat tussen de subjectief en objectief gemeten inspanning bij waterpoloërs. Er is sprake van een significant, sterk positief verband tussen de Borg-RPE score en hartfrequentie in zowel trainingsperiode één als trainingsperiode drie van de waterpolotraining.

Abstract

Background: Competitive athletes aim to practice at a higher level. In order to achieve this improvement in sports performance, regularly and dosed exposure to a training stimulus with overload is necessary. When the principle of overload is exceeded, the body arises beyond its adaptation limits and positive effects of the training can be absent. A long period of extreme training can lead to short-term overload of structural overtraining. Overtraining is a common problem in sports and elite sports. Overtraining is also a major problem in swimming and water polo. Monitoring training load is important to determine whether an athlete is adapting to the program and achieving the resulting training effect. In addition, monitoring exercise is important for preventive identification of the risk of overload, injuries and illness. Fatigue includes both objective and subjective elements. This study answered the following question: "What is the correlation between objective and subjective trainingsload in water polo players during a 90-minute water polo training?"

Method: In order to answer the research question, a quantitative cross-sectional study was used. The players of four water polo teams of swimming club Swol1894 were approached for this research. The participants were followed during a 90-minute water polo training. During this training, two measurement moments took place, after period one and after period three. The participants wore a heart rate monitor with chest strap during the whole training. During the measurement moment, the researcher noted the heart rate of the participants and the perceived exertion was questioned using the Borg-RPE scale. The values are collected in Excel. SPSS software is used to perform the analysis. The correlation between the subjectively and objectively measured trainingsload was determined using the Spearman's correlation test.

Results: The study population was made up of 31 participants (15 female, 16 male). The average age of the participants is 24.7 (± 3.8) years. The Spearman correlation indicates a significant, strong positive relationship between the Borg-RPE score and heart rate after period one ($r = .733$; $p = <0.001$; $N = 31$) and after period three ($r = .737$; $p = <0.001$; $N = 31$).

Conclusion: This study shows a significant relationship between the subjectively and objectively measured trainingsload in water polo players. There is a significant, strong positive relationship between the Borg-RPE score and heart rate in both training period one and training period three of the training.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Abstract	3
Inhoudsopgave	4
Inleiding	5
Methode	7
Onderzoeksopzet	7
Populatie met in- en exclusiecriteria	7
Meetinstrumenten en uitkomstmaten	8
Data-analyse	9
Resultaten	10
Participanten	10
Hartfrequentiemeting	10
Borg-RPE scores	10
Correlatiecoëfficiënt	12
Discussie	13
Conclusie	16
Relevantie	17
Bibliografie	18
Bijlage 1, informatie brief en toestemmingsformulier	21

Inleiding

Competitieve atleten hebben als doel op een steeds hoger niveau te presteren. Om deze verbetering in sportprestaties te kunnen bereiken zijn aanpassingen in de trainingsbelasting vereist. Er moet worden voldaan aan een aantal trainingsprincipes. Eén van deze trainingsprincipes is het creëren van progressieve overload; de opgelegde trainingsbelasting moet groter zijn dan wat het lichaam gewend is, dit zorgt voor vermoeidheid bij de sporter (Saw, Main, & Gastin, 2016; Knicker, Renshaw, Oldham, & Cairns, 2011). Het regelmatig en gedoceerd toedienen van een trainingsprikkel met overload zorgt ervoor dat het lichaam zich gaat aanpassen aan de belasting waaraan het wordt blootgesteld waarmee het prestatieniveau van de sporter toeneemt (Halsen S. L., 2014; Joyce & Lewindon, 2014; Meeusen, et al., 2013; Kenney, Wilmore, & Costill, 2016). Dit principe wordt binnen de inspanningsfysiologie de wet van de supercompensatie genoemd (De Morree, Jongert, & Poel, 2011).

Een juiste dosering van de overload is zeer belangrijk om de positieve aanpassingen aan training te bereiken. De mate van overload is afhankelijk van de fase waarin de sporter zich bevindt in de trainingscyclus. De snelheid waarmee een sporter zich aanpast aan de trainingsprikkel verschilt per individu (Kellmann, 2010). Wanneer het principe van overload te ver wordt doorgevoerd, wordt de training te zwaar en gaat het lichaam over zijn adaptatiegrenzen heen. Te veel training of training onder een te hoge mate van vermoeidheid kan ertoe leiden dat het aanpassingsproces stagneert en positieve trainingseffecten uitblijven. Extreme training kan op lange termijn zelfs leiden tot kortdurende overbelasting of structurele overtraining (Wyatt, 2020; Armstrong & VanHeest, 2002; Kenney, Wilmore, & Costill, 2016).

Kortdurende overbelasting kan worden omschreven als een korte periode van zware training waarbij onvoldoende herstel optreedt. De adaptatiemogelijkheden van de sporter worden overschreden waardoor een relatief korte periode van prestatieverlies zal optreden. Bij kortdurende overbelasting varieert deze periode van prestatieverlies van dagen tot weken en is het mogelijk om binnen twee weken te herstellen tot het oude niveau (Halsen, et al., 2002; Meeusen, et al., 2013). Bij structurele overbelasting is de sporter op een punt waarbij negatieve fysiologische aanpassingen zullen optreden en er langdurig prestatieverlies optreedt. Structurele overbelasting kan uiteindelijk leiden tot het overtrainingssyndroom (Kenney, Wilmore, & Costill, 2016; Wyatt, 2020; Armstrong & VanHeest, 2002).

Overtraining is een veelvoorkomend probleem in de sport en topsport. Omdat zowel kortdurende overbelasting, structurele overtraining en het overtrainingssyndroom veel verschillende symptomen kunnen veroorzaken is het niet mogelijk om exacte prevalentiecijfers te geven (Meeusen, et al., 2013). Ook in de zwemsport is overtraining een groot probleem (Meeusen, et al., 2008; Hermosilla, González-Rave, Del Castillo, & Pyne, 2021). Een longitudinaal onderzoek uit 2011 onder Britse zwemmers in de leeftijd van 15 tot 18 jaar wees uit dat 29% van de participanten ten minste één periode van kortdurende niet-functionele overbelasting of overtraining had doorgemaakt (Matos, Winsley, & Williams, 2011). Er zijn aanwijzingen dat atleten die eerder overtraint zijn geweest, een sterk verhoogd risico lopen op terugval (Meeusen, et al., 2013). Overtraining in de zwemsport wordt in veel gevallen later vastgesteld dan in andere sporten. Dit heeft er onder andere mee te maken dat de hartfrequentie bij zwemmers lager ligt waardoor veelgebruikte methodes om de inspanning in kaart te brengen niet op eenzelfde manier worden ingezet binnen de zwemsport (Koning, Jarczok, Wasner, Hillecke, & Thayer, 2014).

Het monitoren van de trainingsbelasting en vermoeidheid van een atleet is belangrijk om te bepalen of een atleet zich aanpast aan het trainingsprogramma en daarmee het beoogde trainingseffect

bereikt. Daarnaast is het monitoren van vermoeidheid belangrijk voor het preventief signaleren van het risico op overbelasting, blessures en ziekte (Halsen S. L., 2014; Thorpe, Atkinson, Drust, & Gregson, 2017). Het vergelijken van de beoogde trainingsprikkel in relatie tot het overeenkomstige niveau van vermoeidheid is van belang om te bepalen of een trainingsprikkel voldoende is om te leiden tot functionele adaptatie. Vermoeidheid omvat zowel objectieve als subjectieve elementen (Wyatt, 2020; Koprivica, 2012; Robson-Ansley, Gleeson, & Ansley, 2009).

Het meten van de hartfrequentie tijdens training door middel van een hartslagmeter is een veel gebruikte methode om een indicatie te krijgen van de objectieve trainingsintensiteit (Achten & Jeukendrup, 2003; Bellenger, et al., 2016). De Borg-RPE schaal is een veelgebruikte methode voor het beoordelen van subjectieve trainingsbelasting en vermoeidheid (Nicolas, Vacher, Martinent, & Mouro, 2019; Foster, et al., 2021). In een cohort studie uit 2013 met 2560 participanten, waarin de associatie tussen de Borg RPE-schaal en verschillende fysiologische inspanningsparameters werd onderzocht, wordt aangetoond dat de beoordeling van de ervaren inspanning gemeten met de Borg RPE-schaal een sterke correlatie heeft met hartfrequentie ($r = 0.74$, $p < 0,001$). Dit onderzoek is uitgevoerd in een testsituatie (Scherr, et al., 2013). Interessant is of dit bij waterpoloërs in een trainingssituatie ook het geval is.

In dit onderzoek wordt de subjectief gemeten vermoeidheid van waterpoloërs tijdens een waterpolotraining van 90 minuten, gemeten door middel van de Borg RPE-schaal, vergeleken met de objectief gemeten intensiteit door middel van het meten van de hartfrequentie. De metingen worden vergeleken met de beoogde trainingsintensiteit door middel van het maken van een sport-specifieke trainingsanalyse. Er wordt antwoord gegeven op de volgende onderzoeksvraag: “Wat is de relatie tussen objectief en subjectief gemeten inspanning bij waterpoloërs tijdens een waterpolotraining van 90 minuten?”

Methode

Onderzoeksopzet

Onderzoeksdesign

Om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag is in dit onderzoek gebruik gemaakt van een kwantitatief cross-sectioneel onderzoek. De metingen vonden plaats bij één groep, namelijk een groep bestaande uit 31 waterpoloërs die een waterpolotraining van 90 minuten volgen. De training is onderverdeeld in een warming up, vier trainingsperiodes van gemiddeld 15 minuten en een cooling-down. Tijdens de training is er op twee verschillende momenten gemeten: het eerste meetmoment is na de warming-up en eerste trainingsperiode, het tweede meetmoment is na de derde trainingsperiode. Er is voor deze momenten gekozen omdat de eerste periode een trainingsvorm werd aangeboden waarbij meerdere aspecten van waterpolo aan bod zijn gekomen, zoals sprinten, passen en schieten. De derde periode is over het algemeen mentaal de zwaarste periode, in deze periode wordt een trainingsvorm aangeboden waar een manmeersituatie wordt nagebootst om op deze manier een wedstrijdsituatie te simuleren.

Procesbeschrijving

Voor dit onderzoek zijn de spelers van vier waterpoloteams van zwemvereniging Swol1894 benaderd. De spelers spelen in het eerste of tweede heren- of damesteam van de waterpolo-afdeling van Swol1894 en trainen onder leiding van trainer dhr. H. van Zeeland. Middels een informatiebrief en mondelinge informatie zijn de participanten op de hoogte gebracht van het onderzoek. De brief bevat een algemene vragenlijst met informatie over de participant en een informed consent. Wanneer de participanten akkoord gingen met deelname en de daarbij horende voorwaarden werd de informatiebrief met ingevulde informed consent teruggegeven aan de onderzoeker. Voor een voorbeeld van de informatiebrief en informed consent wordt verwezen naar bijlage 1.

Op 18 december 2021 werden de participanten getest. De participanten droegen tijdens de training een hartslagmeter en horloge waarop de hartslag is af te lezen. Voorafgaand aan de training is het gebruik van de Borg-RPE schaal uitgelegd en is er een test met de hartslagmeters uitgevoerd. De participanten zijn na de eerste en derde periode in kleine groepen van maximaal vier spelers naar de kant geroepen. De hartslag van de participanten is afgelezen door de onderzoeker zonder dat de participant deze kon zien. Tegelijkertijd is aan de participanten gevraagd om een score voor de ervaren inspanning volgens de Borg RPE-schaal aan te geven door een getal aan te wijzen. De waardes zijn door de onderzoeker op papier verwerkt en direct na afloop van de metingen verwerkt in een Excel bestand.

Populatie met in- en exclusiecriteria

De onderzoekspopulatie waarover een uitspraak wordt gedaan bestaat in totaal uit 31 waterpoloërs, waaronder 16 mannen en 15 vrouwen. De gemiddelde leeftijd van de participanten die geïnccludeerd zijn is 24,7 jaar. Deze varieert tussen de 18 en 35 jaar. Participanten jonger dan achttien jaar zijn geëxcludeerd omdat onderzoek bij jongeren onder achttien jaar alleen mag worden verricht als de nodige informatie niet bij volwassen participanten kan worden verkregen (Ferdousi, 2015). Daarnaast is bij participanten jonger dan achttien jaar toestemming van de ouders vereist om deel te mogen nemen aan een wetenschappelijk onderzoek. Participanten ouder dan 35 jaar zijn tevens geëxcludeerd omdat vanaf ongeveer het 15^e levensjaar de maximale hartfrequentie bij maximale inspanning lineair

afneemt met de leeftijd (Bult & van der Poel, 2007). Om bovenstaande reden is ervoor gekozen om de range van leeftijd beperkt te houden.

Vooraf bepaalde exclusiecriteria zijn het gebruik van Betá-blokkers of andere medicamenten die de hartfrequentie beïnvloeden, gediagnostiseerde hartaandoeningen in de voorgeschiedenis en drugsgebruik in de 48 uur voorafgaand aan het onderzoek. Deze criteria zijn middels een korte screende vragenlijst voorafgaand aan het onderzoek uitgevraagd.

Inclusiecriteria zijn bepaald op basis van trainingsfrequentie en -inhoud. Voor alle participanten geldt dat zij drie avonden per week trainen. De totale trainingsactiviteit bestaat uit vier-en-half uur waterpolotraining en twee uur sport-specifieke krachttraining. Alle participanten spelen gemiddeld één wedstrijd per weekend.

Meetinstrumenten en uitkomstmaten

Borg RPE-schaal

Voor het meten van de subjectief ervaren inspanning is in dit onderzoek gebruik gemaakt van de Borg RPE-schaal (figuur 1). De Borg RPE-schaal is een 15-puntsschaal (6 tot 20) die gebruikt wordt om subjectieve ervaringen, zoals de mate van inspanning, de belastingsgraad en vermoeidheid, tijdens fysieke belasting te beoordelen. De schaal varieert van 6 (geen inspanning) tot 20 (absoluut maximale inspanning) en geeft informatie over de relatieve belasting (Engelen van & Bokhorst, 2017). De uitkomst wordt weergegeven in een cijfer dat correspondeert met de ervaren inspanning van de sporter.

6		6
7	Zeer, zeer licht	7
8		8
9	Zeer licht	9
10		10
11	Tamelijk licht	11
12		12
13	Redelijk zwaar	13
14		14
15	Zwaar	15
16		16
17	Zeer zwaar	17
18		18
19	Zeer, zeer zwaar	19
20		20

Figuur 1 Borg-RPE schaal (Borg, 1970)

Hartfrequentiemeter

De objectieve inspanning is gemeten middels de hartfrequentiemeter. De participanten droegen tijdens de training een borstband met ECG-nauwkeurige hartslagmeter van het merk Polar met een bijbehorend horloge. De borstband werd onder de zwemkleding, op de blote huid gedragen. Het horloge werd gedragen aan de pols waarmee de speler niet schiet en vangt. De hartslag is gedurende de gehele training gemeten en op de vooraf vastgestelde meetmomenten afgelezen door de onderzoeker. De uitkomstmaat van de hartfrequentiemeting is uitgedrukt in een getal dat staat voor het aantal hartslagen per minuut.

Sport-specifieke trainingsanalyse

Na afloop van de training is bepaald wat de beoogde trainingsintensiteit van de aangeboden trainingsvormen in periode één en periode drie was. De objectieve trainingsintensiteit is vastgesteld door het maken van een sport-specifieke trainingsanalyse aan de hand van videobeelden van de training.

Data-analyse

Direct na afloop van de metingen zijn de resultaten verzameld in Excel. Voor het uitvoeren van de analyse is gebruik gemaakt van SPSS software.

Voor het analyseren van de resultaten van de hartfrequentiemeting is gebruik gemaakt van de Shapiro Wilk toets. Deze toets wordt gebruikt om te bepalen of de data normaal verdeeld is. De keuze voor deze analysemethode is gemaakt wegens het feit dat de participantengroep uit minder dan 50 participanten bestaat. De Borg-RPE schaal is een meetinstrument met uitkomstmaten op ordinaal niveau. Hierdoor is het niet noodzakelijk om de normaalverdeling te bepalen.

Uit de analyse van de onderzoeksresultaten is gebleken dat de resultaten van de hartfrequentiemeting in zowel trainingsperiode één als trainingsperiode drie normaal verdeeld zijn. De uitkomstmaat van de Borg-RPE schaal is op ordinaal niveau. De uitkomstmaat van de hartfrequentiemeter is op intervalniveau. Op basis van deze gegevens is gekozen voor de Spearman's toets voor het bepalen van de correlatiecoëfficiënt.

De mate van statistische significantie-associaties tussen de resultaten van de Borg RPE-schaal en de hartfrequentie werden beoordeeld met behulp van de correlatie beoordeling volgens Munro et al. (1987). Een p -waarde <0.05 werd beschouwd als statistisch significant. Zie tabel 1 voor een overzicht van de beoordeling.

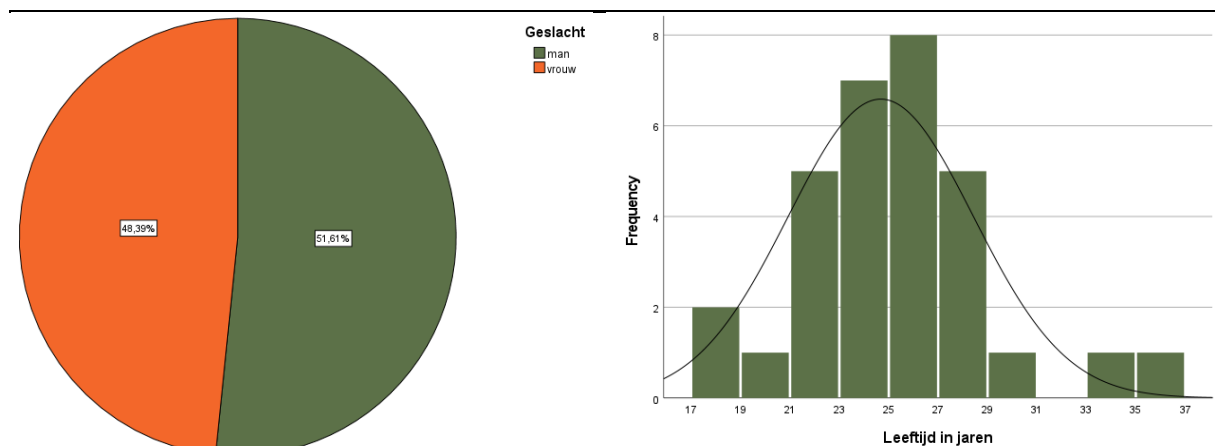
Tabel 1 Beoordeling van de correlatie volgens Munro et al. (1987)

Grootte van de correlatie	Beoordeling van de correlatie
< 0.25	Nauwelijks of geen relatie
0.26 – 0.49	Lage of zwakke relatie
0.50 – 0.69	Middelmatige relatie
0.70 – 0.89	Hoge of sterke relatie
0.90 – 1.00	Zeer hoge of zeer sterke relatie

Resultaten

Participanten

Er is gestart met een totaal van 36 participanten. Wanneer er wordt gekeken naar de exclusiecriteria worden twee participanten op basis van leeftijd uitgesloten van deelname. Op basis van verklaarbaar afwijkende meetresultaten worden nog eens drie participanten in een vroeg stadium van het onderzoek geëxcludeerd. De uiteindelijke onderzoekspopulatie waarover uitspraak is gedaan bestaat uit 31 participanten, waarvan 15 vrouwen en 16 mannen (figuur 2). De variabele leeftijd is normaal verdeeld en de gemiddelde leeftijd van de participanten is 24,7 jaar. De jongste was ten tijde van het onderzoek 18 jaar en de oudste 35 jaar (figuur 3). Alle participanten spelen ten minste twee seizoenen in het eerste of tweede dames- of herenteam van zwemvereniging Swol1894.



Figuur 2 Man-vrouw verdeling van de participanten.

Figuur 3 Histogram met leeftijden van de participanten.

Hartfrequentiemeting

In tabel 2 en 3 zijn de uitkomstmaten van de hartfrequentiemeting en Borg-RPE scores weergegeven. De totaalscores zijn belangrijk voor het interpreteren van de resultaten. In de tabellen is te zien dat de laagst gemeten hartfrequentie in periode één 115 slagen per minuut is, de hoogst gemeten hartfrequentie in periode één is 169 slagen per minuut. De gemiddelde hartfrequentie in periode één is 140,90 slagen per minuut. In periode drie is de laagst gemeten hartfrequentie 107 slagen per minuut en de hoogst gemeten hartfrequentie 171 slagen per minuut. In periode drie is de gemiddelde hartfrequentie 143,42 slagen per minuut.

Borg-RPE scores

De laagst gegeven Borg-RPE score in periode één is 11 punten, de hoogst gegeven score in periode één is 16 punten. De gemiddelde score op de Borg-RPE schaal gegeven in periode één is 13,19 punten. In periode drie is de laagst gegeven Borg-RPE score eveneens 11 punten, de hoogst gegeven score in periode drie is 18 punten. De gemiddelde score op de Borg-RPE schaal gegeven in periode drie is 14,74 punten.

Tabel 2 Resultaten hartfrequentie en Borg-RPE na trainingsperiode één en drie.

Leeftijd (In jaren)	Team	Hartfrequentie Periode 1 (BPM)	Borg-RPE Periode 1	Hartfrequentie Periode 3 (BPM)	Borg-RPE Periode 3
23	H1	137	13	132	14
21	H1	115	12	111	13
18	H2	137	11	107	11
21	H2	140	13	160	16
33	H2	144	14	146	15
24	H1	137	14	121	14
28	H2	148	14	152	15
29	H1	131	13	159	15
22	H1	148	14	156	17
26	H1	140	14	132	14
35	H2	128	11	136	14
27	H1	128	12	140	14
24	H2	139	12	148	15
18	H1	131	12	139	16
23	H2	137	14	151	18
25	H2	144	13	152	17
22	D1	139	13	171	18
19	D2	169	14	152	14
28	D2	133	12	129	12
26	D1	167	15	155	16
21	D1	143	14	147	15
26	D2	159	14	151	14
24	D1	136	13	129	13
25	D1	120	11	136	12
25	D1	167	14	145	14
24	D1	155	13	149	14
25	D2	116	12	128	15
24	D1	132	14	160	15
25	D2	148	16	168	17
27	D2	144	13	136	14
27	D1	156	16	148	16

BPM = Beats per minute, H1 = Heren 1, H2 = Heren 2, D1 = Dames 1, D2 = Dames 2

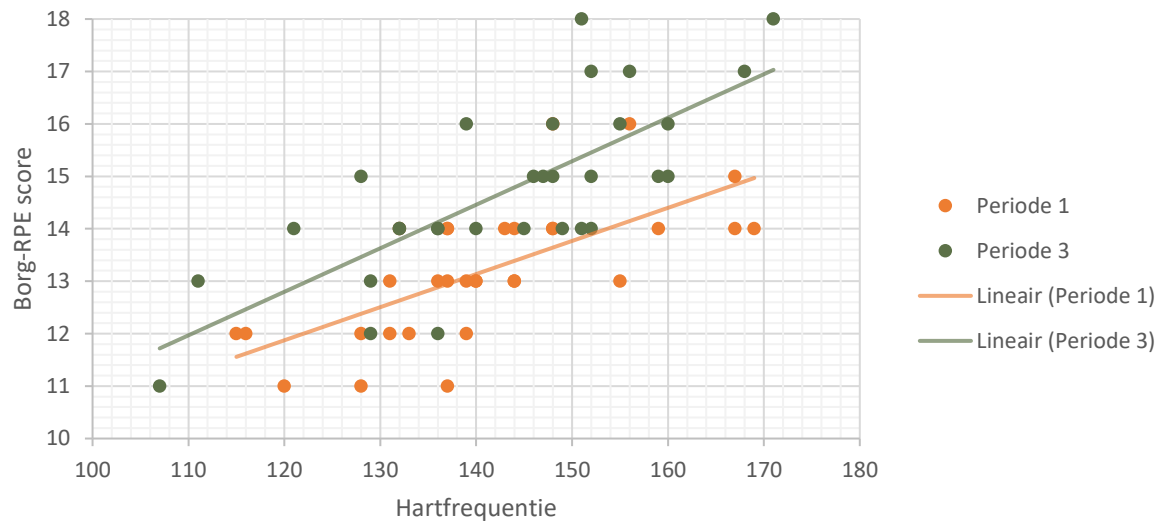
Tabel 3 Gemiddelde leeftijd, hartfrequentie en Borg-RPE per geslacht en totaal.

	Leeftijd (In jaren)	Hartfrequentie Periode 1 (BPM)	Borg-RPE Periode 1	Hartfrequentie Periode 3 (BPM)	Borg-RPE Periode 3
Mannen (n = 16)	24,8	136,5	12,8	140,1	14,9
Vrouwen (n = 15)	24,5	145,6	13,6	146,9	14,6
Totaal (n = 31)	24,7	140,9	13,2	143,4	14,7

BPM = Beats per minute, n = aantal participanten

Correlatiecoëfficiënt

De Spearman-correlatie toets wijst uit dat er een significant, sterk positief verband bestaat tussen de Borg-RPE score en hartfrequentie na periode één ($r = .733$; $p = <0.001$; $N = 31$) en na periode drie ($r = .737$; $p = <0.001$; $N = 31$). In figuur 4 is een grafische weergave van de resultaten te zien.



Figuur 4 De spreiding van de gemeten hartfrequentie in relatie tot de Borg-RPE score na periode 1 (oranje) en na periode 3 (groen).

Discussie

In dit onderzoek zijn 31 waterpoloërs gevolgd tijdens een waterpolotraining van 90 minuten. De participanten hebben tijdens deze training een hartslagmeter gedragen. Na trainingsperiode één en drie is de hartfrequentie afgelezen en zijn de participanten gevraagd om de ervaren inspanning een cijfer te geven middels de Borg-RPE schaal. De uitkomstmaten zijn met elkaar vergeleken om te bepalen of er een correlatie is tussen de subjectief en objectief gemeten inspanning. Hieruit is gebleken dat zowel in periode één als drie een sterke significante correlatie bestaat tussen de subjectief en objectief gemeten inspanning.

Er zijn verschillende onderzoeken gedaan naar de relatie tussen objectief en subjectief gemeten inspanning en trainingsintensiteit. In een meta-analyse uit 2017 worden 13 onderzoeken beschreven die samen de relatie tussen drie interne en negen externe metingen van trainingsintensiteit en inspanning onderzoeken. In dit onderzoek worden meerdere relaties tussen interne en externe metingen beschreven (McLaren, et al., 2017). Een onderzoek uit 2012 met 2560 participanten toont aan dat er een sterke relatie bestaat tussen de Borg-RPE schaal en de hartfrequentie (Scherr, et al., 2013). De resultaten uit dit onderzoek onderschrijven deze bevindingen.

De Borg-RPE schaal en de hartfrequentiemeters zijn bestaande meetinstrumenten en voor beide instrumenten is een betrouwbaar en valide testprotocol beschikbaar. In dit onderzoek zijn de metingen uitgevoerd volgens deze protocollen wat bijdraagt aan de betrouwbaarheid van het onderzoek. De opzet van het onderzoek is duidelijk beschreven en de uitkomsten zijn objectief beoordeeld. Deze factoren dragen eveneens bij aan de betrouwbaarheid en consistentie van het onderzoek.

De meeste onderzoeken naar de betrouwbaarheid en validiteit van de Borg-RPE schaal zijn uitgevoerd bij aerobe trainingen en testen (Lea, O'Driscoll, Hulbert, Scales, & Wiles, 2022). McLaren et al. (2017) beschrijven in een meta-analyse dat er voldoende bewijs is om aan te nemen dat de Borg-RPE schaal ook een valide meetinstrument is voor het meten van trainingsintensiteit tijdens teamsport. Het meten van de hartfrequentie met behulp van een borstband is een betrouwbare en valide methode (Georgiou, et al., 2018). Er zijn enkele studies die onderzoek hebben gedaan naar hartfrequentiemetingen met een borstband bij zwemmers. In een systematic review uit 2014 wordt gesuggereerd dat hartfrequentiemetingen binnen de zwemsport mogelijk afwijkend zijn als gevolg van veranderingen in de omgevingstemperatuur (Koenig, Jarczok, Wasner, Hillecke, & Thayer, 2014).

In dit onderzoek is geen onderscheid gemaakt op basis van geslacht. De studies van Pincivero et al. (2010) en Faulkner et al. (2007) tonen aan dat de Borg-RPE score niet wordt beïnvloed door geslacht. Het onderzoek van Scherr et al. (2013) ondersteunt deze bevindingen. In dit onderzoek is een verwaarloosbaar verschil gevonden tussen de Borg-RPE scores op basis van geslacht (tabel 3) (Bove, et al., 2016). De literatuur is niet eenduidig over de invloed van geslacht op hartfrequentie tijdens inspanning. Yoshino et al. (2007) beschrijven dat geslacht wel invloed heeft op de hartfrequentie tijdens inspanning. Een studie uit 2013 en een meta-analyse uit 2016 spreken deze bevindingen tegen (Koenig & Thayer, 2016; Scherr, et al., 2013). In dit onderzoek is de gemiddeld gemeten hartfrequentie bij vrouwen in trainingsperiode één 9,1 slagen per minuut hoger en in trainingsperiode drie 6,8 slagen per minuut hoger in vergelijking met de mannen (tabel 3).

Alle participanten trainen bij dezelfde club en onder leiding van dezelfde trainer. Dit zorgt ervoor dat de resultaten onderling goed kunnen worden vergeleken en komt de betrouwbaarheid van het

onderzoek ten goede. Anderzijds zorgt dit ervoor dat de steekproef mogelijk niet generaliseerbaar is voor waterpoloërs van andere clubs, teams of uit andere regio's.

Eén van de inclusiecriteria bij het werven van de participanten was de mate waarin de deelnemers getraind zijn. Alle deelnemers spelen in het eerste of tweede dames- of herenteam en trainen normaal gesproken vier-en-half uur per week in het water en twee uur per week krachttraining. Vanwege de maatregelen in verband met Covid-19 is de regelmaat van de trainingsintensiteit en frequentie in alleindoorsporten voor jeugd en volwassenen op recreatief niveau afwijkend geweest het afgelopen jaar (Pulles, van Eldert, & van der Poel, 2021). Uit een survey-onderzoek onder talentvolle sporters in Nederland is gebleken dat voor 43% van de sporters de invulling van de trainingen is veranderd, dit geldt in het merendeel voor indoorsporten. Ruim de helft van de respondenten geeft aan dat het gemiddelde aantal trainingsuren is veranderd. Hiervan is 40% van de respondenten minder gaan trainen, voor 10% is het aantal trainingsuren toegenomen ten tijde van Covid-19 (van Suijlekom, Dopheide, & Balk, 2021). Twee participanten uit de steekproef van dit onderzoek zijn in het bezit van een topsportstatus van het NOC*NSF en hebben daarom een deel van de trainingen kunnen voortzetten ten tijde van Covid-19. De overige 29 participanten hebben ten tijde van Covid-19 niet kunnen deelnemen aan waterpolotrainingen. In studies van Faulkner et al. (2007) en Eston et al. (2012) wordt beschreven dat scores op de Borg-RPE schaal niet worden beïnvloed door de mate van getraindheid of de trainingsstatus. Het onderzoek van Scherr et al. (2013) bevestigt deze bevindingen.

Naast de hartfrequentiemetingen is de objectieve inspanning in kaart gebracht door middel van het maken van een sport-specifieke trainingsanalyse. In deze analyse is naar voren gekomen dat de eerste periode een combinatie is van sprintvormen en technische oefeningen, zoals passen, schieten en verdedigen. De derde periode is een nagebootste wedstrijdssituatie op een half speelveld waarbij beide teams gedurende het spel te maken krijgen met een manmeersituatie. Deze situatie zorgt ervoor dat het spel zeer dynamisch en snel moet worden gespeeld. De sporters leggen in deze periode veel afstand af en zwemmen doorgaans op hogere snelheid dan in periode één.

In figuur 4 is te zien dat in periode drie gemiddeld een hogere Borg-RPE score wordt gegeven bij een zelfde of lagere hartfrequentie ten opzichte van periode één. Een mogelijke verklaring voor dit verschil kan worden gehaald uit de sport-specifieke trainingsanalyse. Hierin is te zien dat de sporters in periode drie constant in beweging zijn en dat de totale gezwommen afstand in periode drie gemiddeld genomen groter is dan in periode één. In de meta-analyse van McLaren et al. (2017) komt naar voren dat de totaal afgelegde afstand de hoogste correlatie heeft met subjectieve inspanning. In een onderzoek uit 2014 onder voetballers komt naar voren dat een grote afgelegde afstand op hoge snelheid een sterkere relatie heeft met subjectieve inspanning dan een grote afgelegde afstand op lage snelheid (Gallo, Cormack, Gabbett, Williams, & Lorenzen, 2014).

Een andere verklaring voor deze bevindingen kan worden gebaseerd op de gemeten hartfrequentie. In de literatuur zijn meerdere onderzoeken te vinden die aantonen dat de hartfrequentie tijdens zwemsport lager ligt dan bij andere sporten (Koenig, Jarczok, Wasner, Hillecke, & Thayer, 2014). De belangrijkste oorzaak hiervan is het onderdompelingseffect. Door onderdompeling treedt het zogenaamde duikreflex op waardoor het parasympatisch zenuwstelsel wordt gestimuleerd. Het parasympatisch zenuwstelsel regelt onder meer de beheersing van de hartslag en de centralisatie van de bloedsomloop met als doel zuurstof te leveren aan de vitale organen (Such & Meyer, 2010). De waterdruk en de horizontale lichaamshouding spelen eveneens een rol in de vertraagde hartfrequentie. Deze factoren zorgen voor een verbeterde veneuze bloedretour met als gevolg een

betere diastolische vulling van het hart, wat resulteert in een hoger slagvolume volgens het Frank-Starling-mechanisme. Als gevolg hiervan daalt de slagfrequentie (Lazar, Khanna, Chesler, & Saliccioli, 2013; Koenig, Jarczok, Wasner, Hillecke, & Thayer, 2014).

Conclusie

Uit het onderzoek is gebleken dat er een significante correlatie is tussen de subjectief gemeten inspanning middels de Borg-RPE schaal en de objectief gemeten inspanning middels hartfrequentiemetingen bij waterpoloërs. De gevonden relatie is in zowel periode één als drie sterk, namelijk respectievelijk $r = 0.733$ en $r = 0.737$ (Verran, Munro, Visintainer, & Page, 1987). De gevonden resultaten zijn onafhankelijk van leeftijd, geslacht en mate van getraindheid. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de Borg-RPE schaal een valide meetinstrument is om de trainingsintensiteit bij waterpoloërs in kaart te brengen.

Voor vervolgonderzoek binnen de zwemsport wordt aanbevolen de invloed van omgevingsfactoren binnen de zwemsport mee te laten wegen in de meting van de hartfrequentie. Het is aan te raden gebruik te maken van een controlegroep waarbij de hartfrequentie wordt vergeleken met sporten van vergelijkbare intensiteit op het land. Op deze manier kan de mate van invloed van de factoren als houding, temperatuur, waterdruk en het onderdompelingseffect in kaart worden gebracht.

Dit onderzoek beperkt zich tot één momentopname. Vraagstellingen voor vervolgonderzoek die voortkomen uit dit onderzoek kunnen zich richten op de invloed van objectief en subjectief gemeten inspanning op de sportprestatie op lange termijn. Hiervoor wordt aanbevolen om dergelijke gegevens middels een longitudinale studie in beeld te brengen over een termijn van ten minste één trainingscyclus.

Relevantie

De uitkomsten uit dit onderzoek zijn van belang voor de bijdrage aan onderzoek naar het in kaart brengen van inspanning in de sport en in het bijzonder de zwemsport. Wanneer in de toekomst onderzoek wordt gedaan naar inspanning kan de bevinding uit dit onderzoek, dat er een hoge correlatie bestaat tussen de gemeten objectieve en subjectieve inspanning, worden meegenomen het interpreteren van de resultaten.

Met het groeien van de aandacht voor subjectieve meetinstrumenten binnen de sportfysiotherapie kan dit onderzoek als basis worden gebruikt voor onderzoeken naar bijvoorbeeld de invloed van langdurige vermoeidheid op sportprestaties. De invloed van water, lichaamshouding en temperatuur zijn relevant voor onderzoek middels en gebruik van hartfrequentiemetingen voor het in kaart brengen van inspanning binnen de zwemsport en andere sporten waar deze factoren een mogelijke rol spelen.

In de fysiotherapie en sportfysiotherapie verplaatst de focus zich in steeds grotere mate naar preventieve zorg. Door verder te bouwen op de bevindingen uit dit onderzoek kan de rol van fysiotherapie in de preventie van overtraining worden onderzocht en uitgebreid.

Bibliografie

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart Rate Monitoring. *Sports Medicine*, 517-538.
- Armstrong, L. E., & VanHeest, J. L. (2002). The Unknown Mechanism of the Overtraining Syndrome. *Sports Medicine*, 185-209.
- Bellenger, C. R., Fuller, J. T., Thomson, R. L., Davison, K., Robertson, E. Y., & Buckley, J. D. (2016). Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 1461-1486.
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 92-98.
- Bove, A. M., Lynch, A. D., DePaul, S. M., Telhorst, L., Irrgang, J. J., & Fitzgerald, G. K. (2016). Test-Retest Reliability of Rating of Perceived Exertion and Agreement With 1-Repetition Maximum in Adults. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 768-774.
- Bult, H., & van der Poel, G. (2007). De maximale hartfrequentie: berekend of gemeten? *Sportgericht*, 6-10.
- De Morree, J. J., Jongert, T., & Poel, G. (2011). *Inspanningsfysiologie, Oefentherapie en Training*. Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- Engelen van, E., & Bokhorst, M. (2017). Borg Rating of Perceived Exertion Schaal.
- Eston, R., Evans, H., Faulkner, J., Lambrick, D., Al-Rahamneh, H., & Parfitt, G. (2012). A perceptually regulated, graded exercise test predicts peak oxygen uptake during treadmill exercise in active and sedentary participants. *European Journal of Applied Physiology*. doi:10.1007/s00421-012-2326-8
- Faulkner, J., Parfitt, G., & Eston, R. (2007). Prediction of maximal oxygen uptake from the ratings of perceived exertion and heart rate during a perceptually-regulated sub-maximal exercise test in active and sedentary participants. *European Journal of Applied Physiology*, 397-407.
- Ferdousi, N. (2015). Children as Research Subjects: The Ethical Issues. *Bangladesh Journal of Bioethics*.
- Foster, C., Boulosa, D., McGuigan, M., Fusco, A., Cortis, C., Arney, B., . . . Porcari, J. P. (2021). 25 Years of Sessions Rating of Perceived Exertion: Historical Perspective and Development. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 612-621.
- Gallo, T., Cormack, S., Gabbett, T., Williams, M., & Lorenzen, C. (2014). Characteristics impacting on session rating of perceived exertion training load in Australian footballers. *Journal of Sports Science*, 467-475.
- Georgiou, K., Larentzakis, A. V., Khamis, N. N., Alsuhaibani, G. I., Alaskar, Y. A., & Giallafos, E. J. (2018). Can Wearable Devices Accurately Measure Heart Rate Variability? A Systematic Review. *Folia Medica*, 60.
- Halsen, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 139-147.

- Halson, S. L., Bridge, M. W., Meeusen, R., Busschaert, B., Gleeson, M., Jones, D. A., & Jeukendrup, A. E. (2002). Time course of performance changes and fatigue markers during intensified training in trained cyclists. *Journal of Applied Physiology*, 947-956.
- Hermosilla, F., González-Rave, J. M., Del Castillo, J. A., & Pyne, D. B. (2021). Periodization and Programming for Individual 400 m Medley Swimmers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 64-74.
- Joyce, D., & Lewindon, D. (2014). *High-Performance Training for Sports*. Macmillan Publishers.
- Kellmann, M. (2010). Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 95-102.
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2016). *Inspannings- en Sportfysiologie*. Bohn Stafleu van Loghum.
- Knicker, A. J., Renshaw, I., Oldham, A. R., & Cairns, S. P. (2011). Interactive Precesses Link the Multiple Symptoms of Fatigue in Sport Competition. *Sports Medicine*, 307-328.
- Koenig, J., & Thayer, J. F. (2016). Sex differences in healthy human heart rate variability: A meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 288-310.
- Koenig, J., Jarczok, M. N., Wasner, M., Hillecke, T. K., & Thayer, J. F. (2014). Heart Rate Variability and Swimming. *Sports Medicine*, 1377-1391.
- Koprivica, V. (2012). Block Periodization - A Breakthrough or a Misconception. *Sportlogia*, 93-99.
- Lazar, J. M., Khanna, N., Chesler, R., & Saliccioli, L. (2013). Swimming and the heart. *International Journal of Cardiology*, 19-26.
- Lea, J. W., O'Driscoll, J. M., Hulbert, S., Scales, J., & Wiles, J. D. (2022). Convergent Validity of Rating of Perceived Exertion During Resistance Exercise in Healthy Participants: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*.
- Matos, N. F., Winsley, R. J., & Williams, G. A. (2011). Prevalence of Nonfunctional Overreaching/Overtraining in Young English Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1287-1294.
- McLaren, S. J., Macpherson, T. W., Coutts, A. J., Hurst, C., Spears, I. R., & Weston, M. (2017). The relationships Between Internal and External Measures of Training Load and Intensity in Team Sports: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 641-658.
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., . . . Urhausen, A. (2013). Prevention, Diagnosis, and Treatment of the Overtraining Syndrome. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 186-205.
- Meeusen, R., Nederhof, E., Buyse, L., Roelands, B., De Schutter, G., & Piacentini, M. F. (2008). Diagnosing overtraining in athletes using the two-bout exercise protocol. *British Journal of Sports Medicine*, 642-648.
- Nicolas, M., Vacher, P., Martinet, G., & Mourot, L. (2019). Monitoring stress and recovery states: Structrural and external stages of short version of the RESTQ sport in elite swimmers before championships. *Journal of Sports and Health Science*, 77-88.

- Pincivero, D., Polen, R., & Byrd, B. (2010). Gender and Contraction Mode on Perceived Exertion. *International Journal of Sports Medicine*, 359-363.
- Pulles, I., van Eldert, P., & van der Poel, H. (2021). Monitor Sport en corona IV: de gevolgen van coronamaatregelen voor de sportsector. *Mulier Instituut*, 112.
- Robson-Ansley, P. J., Gleeson, M., & Ansley, L. (2009). Fatigue management in the preparation of Olympic athletes. *Journal of Sports Science*, 1409-1420.
- Saw, A. E., Main, L. C., & Gastin, P. B. (2016). Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *Br J Sports Med*, 281-291.
- Scherr, J., Wolfarth, B., Christle, J. W., Pressler, A., Wagenpfeil, S., & Halle, M. (2013). Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 147-155.
- Such, U., & Meyer, T. (2010). Die maximale Herzfrequenz. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 310-312.
- Thorpe, R. T., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2017). Monitoring Fatigue Status in Elite Team-Sport Athletes: Implications for Practice. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2-27.
- van Suijlekom, A., Dopheide, M., & Balk, L. (2021). Gevolgen van de coronacrisis voor talentvolle sporters in Nederland. *Mulier Instituut*, 4.
- Verran, J. A., Munro, B. H., Visintainer, M. A., & Page, E. B. (1987). Statistical methods for health care research. *Research in Nursing and Health*, 406-408.
- Wyatt, D. (2020, maart 25). *Monitoring Fatigue*. Opgehaald van Science for Sport: <https://www.scienceforsport.com/monitoring-fatigue/>
- Yoshino, K., Adachi, K., Ihochi, K., & Matsuoka, K. (2007). Modeling effects of age and sex on cardiovascular variability responses to aerobic ergometer exercise. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 1085-1093.

Bijlage 1, informatie brief en toestemmingsformulier

Afstudeerproject R. Kampen Toestemmingsformulier

Beste sporter,

Voor mijn afstudeerproject vanuit de opleiding Fysiotherapie aan de Hanzehogeschool Groningen ga ik een aantal dingen meten tijdens een training. Hierbij wordt jou deelname gevraagd aan dit deze projecten.

Wat betekent dit voor jou?

Voor een afstudeerproject wil ik je vragen om tijdens de training een aantal vragen te beantwoorden en een hartslagmeter te dragen of zelf de hartslag te meten op aangegeven momenten. Daarnaast zal de training worden gefilmd. Alle beelden en verkregen informatie wordt vertrouwelijk behandeld en alleen ingezien door direct betrokkenen bij het project.

Jou deelname aan de studie blijft beperkt tot het toestemming verlenen voor het onderzoek. De resultaten worden enkel gebruikt binnen dit onderzoek.

Werk je mee?

Door dit formulier te ondertekenen, geeft je te kennen dat je akkoord gaat met het gebruiken jou gegevens voor de studie. Je geeft aan op de hoogte te zijn van het feit dat de informatie die je geeft vertrouwelijk is en zal blijven.

Ook na ondertekening behoudt je het recht om, zonder opgave van reden, tijdens het onderzoek alsnog af te zien van je medewerking. Je besluit omtrent deelname aan het onderzoek zal nu en in de toekomst op geen enkele wijze invloed hebben op eventuele behandeling door een fysiotherapeut.

Hopende op je medewerking aan dit onderzoek,

Met vriendelijke groet,

Romi Kampen

Met het ondertekenen van dit formulier geef ik aan voldoende op de hoogte te zijn gebracht over het onderzoek en stem ik toe vrijwillig te participeren in het onderzoek

Naam

Datum

.....

Handtekening

.....