

DE INVLOED VAN DE BOVENBEENSPIERKRACHT TIJDENS DE STEEP RAMP TEST

EEN CROSS SECTIONELE STUDIE,

PRAKTIJKONDERZOEK



Student: Thijs Veenstra

Studentnummer: 384020

Scriptiebegeleider/ supervisor: Caspar
Mijlius

HANZEHOGESCHOOL GRONINGEN | OPLEIDING FYSIOTHERAPIE



Abstract

Achtergrond: Dit onderzoek maakt deel uit van een overkoepelend onderzoek, met als doel normwaarden te creëren voor de Steep Ramp Test om het meten van de cardiorespiratoire fitheid toegankelijker te maken in de eerste lijn. In dit onderzoek wordt de invloed van de kracht van de bovenbenen op de Steep Ramp test onderzocht.

Doel: Wat is de relatie tussen de maximaalkracht/maximale kracht uithoudingsvermogen van de bovenbeenspieren en de Steep Ramp Test voor mensen tussen de 25 en 85 jaar oud.

Methode: Een cross sectionele studie, gebruikmakend van een convenience sample, waarin participanten vier protocollen doorlopen voor het verzamelen van data. Antropometrie, dynamometrie, de Steep Ramp Test (SRT) en de Cardiopulmonaire inspanningstest (CPET).

Resultaten: Pearson' correlatie laat een significante ($p < 0,01$) relatie zien voor zowel mannen ($r = 0,596$) als vrouwen ($r = 0,864$) tussen de WRpeak-srt/maximale kracht. Daarnaast bestaat er een significante correlatie ($p < 0,01$) tussen de RERmax-srt en WRpeak-srt voor mannen ($r = 0,537$) en vrouwen ($r = 0,692$). Multivariabele lineaire regressies met terugwerkende eliminatie van variabelen laten de invloed van antropometrische waarden zien voor zowel de WRpeak-srt als de RERmax-srt.

Conclusie: Resultaten laten zien dat er een sterke, significante relatie is tussen de WRpeak-srt en de maximale kracht, maar ook tussen de RERmax-srt en de WRpeak-srt/maximale kracht. Vervolgonderzoek wordt aangeraden en zal zich moeten richten op de effecten van maximale krachttraining op de Cardiorespiratoire Fitheid gemeten met de SRT.

Sleutelwoorden: Cardiorespiratoire fitheid; Maximale kracht; Steep Ramp Test; Cardiopulmonaire inspanningstest; STROBE-Checklist

Background: This research is part of a bigger research whose objective is to create normative values for the Steep Ramp Test to make testing of the cardiorespiratory fitness more appealing in the first line of Dutch Health care. As a part of the bigger research, this research will focus on the influence from strength on the upper leg on the Steep Ramp Test

Objective: What is the relation between the maximal strength/maximal strength endurance from the muscles from the upper leg on the Steep Ramp Test for Dutch humans between 25 and 85 years old.

Methods: A cross-sectional study with a convenience sample where participants will participate in four protocols starting with anthropometry, secondly the dynamometrics and after this the Steep Ramp Test (SRT) and Cardiopulmonary Exercise Test (CPET).

Results: Pearson' correlation test shows a significant ($p < 0,01$) relation between the WRpeak-srt/maximal strength for men ($r = 0,596$) and women ($r = 0,864$). Besides that, the RERmax-srt is significantly ($p < 0,01$) correlated with the WRpeak-srt for men ($r = 0,537$) and women ($r = 0,692$). And lastly, two multivariate linear regression analyses with backward elimination show the influences from anthropometric variables on the WRpeak-srt and RERmax-srt.

Conclusions: Results shows there is a significant relationship between the WRpeak-srt and the maximal strength, but also between the RERmax-srt and WRpeak-srt/maximal strength. Indications from this paper show that future research should be considered to further investigate the effects of maximal strength training on the cardiorespiratory fitness measured with the SRT.

Keywords: Cardiorespiratory fitness; Maximal Strength; Steep Ramp Test; Cardiopulmonary Exercise Test; STROBE-Checklist

Afkortingen

Body Mass Index	BMI
Cardiorespiratoire fitheid	CRF
Elektrocardiogram	ECG
Fat Free Mass	FFM
Koolstofdioxide uitscheiding	Vco2
Zuurstof opname	Vo2
Maximale zuurstofopname	VO2max
Peak Minute Ventilation	VEpeak
Peak Work Rate (SRT)	WRpeak-srt
Peak Work Rate (CPET)	WRpeak-cpet
Respiratory Exchange Rate	RER
Steep Ramp Test	SRT
Cardio Pulmonary Exercise Test	CPET

Inhoudsopgave

Abstract	3
Afkortingen.....	5
Inhoudsopgave	6
Inleiding.....	7
Methode.....	8
Onderzoeksopzet	8
Setting	8
Participanten	9
In-/Exclusiecriteria.....	9
Data verzameling.....	10
Antropometrie.....	10
Dynamometrie	10
Steep Ramp Test (SRT)	11
Cardiopulmonary Exercise Test (CPET)	11
Statistische analyse	12
Resultaten	13
Participanten	13
Discussie	18
Literatuurlijst.....	21

Inleiding

De capaciteit van het vasculaire en respiratoire stelsel om zuurstof te leveren aan de skeletspieren gedurende fysieke activiteit wordt uitgedrukt in de cardiorespiratoire fitheid (CRF) (1). De CRF wordt gezien als een belangrijke indicator of risicofactor voor de kwaliteit van leven (1–3). Zo kan een lage CRF erop duiden dat mensen hulp nodig hebben bij dagelijkse activiteiten (4). De CRF wordt gemeten met behulp van de Cardiopulmonary exercise test (CPET). Dit is een maximaal test die als de gouden standaard wordt beschouwd binnen het testen van de CRF (5). Door de combinatie van de stijgende workload, wordt gekozen om gebruik te maken van een breath-to-breath ademgas-analyse en een elektrocardiogram (ECG). Met de breath-to-breath ademgas-analyse krijg je data die helpt bij het interpreteren van een "maximum", maar de veiligheid van de participanten worden ook met deze meetinstrumenten gewaarborgd (5). Echter de toepasbaarheid van de test wordt beperkt door benodigdheden als de vereiste scholing voor het interpreteren van een ECG of breath-to-breath analysis (1,6–9).

In tegenstelling tot de CPET is er ook een alternatief meetinstrument die hetzelfde construct lijkt te meten, de Steep Ramp Test (SRT) (2,6–11). Naast dat de test in een kortere tijd afgerond kan worden, is er ook minder scholing en apparatuur nodig om de SRT in een klinische setting uit te voeren (6–11). De SRT is een maximaal test, die met behulp van de opbouwende wattage (25w/10s) de participant in twee tot vier minuten tot een Peak Work Rate (WRpeak-srt) laat komen. De WRpeak-srt wordt bereikt op het moment dat de participant niet langer door kan gaan met de test, vanwege kortademigheid, beenspierkracht of een andere beperkende factoren die verschillen per individu.

Door de snel stijgende wattage zullen de participanten steeds meer kracht en zuurstoftransport moeten leveren om de pedalen rond te krijgen (10). De wattage stijgt dusdanig snel dat de SRT een kleinere impact lijkt te hebben op het cardiopulmonaire systeem dan de CPET, omdat de Peak Heart rate en Peak Minute Ventilation significant lager blijven dan bij de CPET (10). Verder lijkt de SRT door de snel stijgende wattage een hogere impact te hebben op de perifere musculatuur (10). Namelijk door de snel stijgende wattage tijdens de SRT zal de kracht van de bovenbeenspieren meer op de voorgrond te komen. Als men naar de biomechanica in het fietsen kijkt kan je het rondtrappen van de pedalen onderverdelen in twee fases: de Power Phase en de Recovery Phase (12). Doordat de wattage snel stijgt zal er steeds meer gevraagd worden in de Power Phase. Er is evidentie beschikbaar over de effecten van krachttraining in combinatie met duursport. Zo geven verschillende onderzoeken aan dat de interventie (krachttraining) de VO₂max verhoogd (13,14). Verder geeft ander onderzoek aan dat de VO₂peak niet veranderd, ten opzichte van voor een trainingsblok, maar dat de efficiëntie tijdens het fietsen wel verbeterd is wat resulteert in een hogere WRpeak (15).

Het hoofddoel van dit afstudeeronderzoek is het beantwoorden van de volgende vraag: Wat is de relatie tussen de maximaalkracht/maximale krachthoudingsvermogen van de bovenbeenspieren en de SRT voor mensen tussen de 25 en 85 jaar. Door deze relatie te onderzoeken, zal er meer duidelijkheid ontstaan over de invloed van de kracht van de bovenbenen op de SRT. Dit afstudeeronderzoek zal een bijdrage leveren aan het overkoepelende onderzoek die normwaarden probeert te creëren voor de SRT, voor mensen tussen de 25 en 85 jaar.

Methode

Onderzoeksopzet

Dit kwantitatieve, cross-sectionele onderzoek maakt deel uit van een groter multi centrumonderzoek gericht op het valideren van de SRT. Het hoofddoel van het overkoepelende onderzoek is het creëren van normwaarden voor de SRT, hierbij wordt een power analyse gedaan zodat in een klinische setting de CRF toegankelijker gemeten kan worden. Dit onderzoek is medisch ethisch goedgekeurd door de METC van het UMCG Groningen, met de METC-code NL78670.100.21,R21.088.

Dit onderzoek richt zich op een deelvraag uit het overkoepelende onderzoek, namelijk wat is de relatie tussen de maximale bovenbeen spierkracht en de peak work rate gemeten bij de SRT. Deze maximale bovenbeenspierkracht wordt onderverdeeld in maximale isometrische knie extensie en de maximale isokinetische knie extensie en flexie. Respectievelijk wordt met de isometrische knie extensie verwezen naar de maximale kracht en met de isokinetische knie extensie en flexie naar het maximale uithoudingsvermogen. Dit onderzoek wordt geschreven met behulp van de STROBE-checklist voor cross-sectionele studies (16) waarin de hoofd- en deelvragen worden onderzocht door data te verzamelen met de volgende type metingen: antropometrie, dynamometrie, SRT en CPET. Participanten starten in het meetmoment met de antropometrie en mogen vervolgens starten met de warming up voor de dynamometrie, gevolgd door een SRT met ademgasanalyse en afsluitend wordt een CPET met ademgasanalyse en ECG afgenomen. Tussen de inspanningstesten hebben participanten minimaal 30 minuten pauze om te herstellen. Het minimum van 30 minuten pauze is gekozen om zoveel mogelijk herstel mogelijk te maken en daardoor zo min mogelijk variabiliteit te creëren gedurende het meetmoment. Voorraden als glycogeen en creatine zijn al snel aangevuld, maar het hart heeft langer nodig om terug te keren naar rusthartslag (17).

De hoofdvraag, wat is de relatie tussen de maximaal kracht/het maximale uithoudingsvermogen van de bovenbeenspieren en de peakworkrate van de SRT, zal beantwoord worden door de WRpeak-srt te de correlatie met de maximale kracht te onderzoeken en door de peakworkrate te correleren met het maximale uithoudingsvermogen. Vervolgens zullen de volgende deelvragen onderzocht worden: Is er een relatie tussen de verschillende types sporter (explosief, anaeroob of aeroob) en de WRpeak-srt?; Wat is de invloed van antropometrische waardes op de WRpeak-srt; Wat is de invloed van de RERmax-srt op de behaalde WRpeak-srt en correleert dit met de maximale kracht van de bovenbenen?

Setting

Werving van participanten vindt plaats tussen februari en december 2022. Volwassen, inclusief ouderen, tussen de 25 en 85 jaar oud, zonder contra-indicaties voor maximale inspanning, komen in aanmerking voor inclusie binnen deze studie. Werving van participanten vindt plaats via sociale media (Twitter, Facebook, Instagram, LinkedIn), maar ook via lokale sportverenigingen in de omgeving Groningen, Drenthe, Friesland. Participanten krijgen bij interesse voor deelname eerst een volledige informatiebrief waarin onder andere de totale duur van het meetmoment staat, maar ook de doelen van het onderzoek en een uitleg van de meetinstrumenten. Participanten kunnen vervolgens direct een “informed consent” tekenen. Na het informed consent worden de volgende vragenlijsten opgestuurd: Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q); de EuroQol 5Dimensions + Cognitive Dimension Questionnaire (EQ5D+C vragenlijst Lifelong Fitness Testing (LIFT)); De Short Questionnaire to ASses Health enhancing physical activity ((SQUASH) aangepast naar LIFT). Binnen het onderzoek wordt gewerkt met een convenience sample, vanwege het feit dat dit onderzoek in een periode van 3 maanden plaatsvindt.

Testen van participanten vindt plaats in het Hanze Active Ageing Lab, er is gekozen voor deze locatie vanwege de beschikbare apparatuur en de toegankelijk van de locatie. Ook een belangrijke determinant voor het kiezen van deze locatie is de beschikbaarheid van supervisie voor het ECG. Het

Hanze Active Ageing Lab is gevestigd in de Academie voor Gezondheidsstudies van de Hanze Hogeschool.

De verschillende meetinstrumenten worden op één meetmoment uitgevoerd om het toegankelijk te houden voor de participant, zo hoeft hij/zij niet op verschillende momenten beschikbaar te zijn en maar eenmaal naar de testlocatie te komen. Een andere reden om een participant niet op meerdere momenten te testen is het creëren van variabelen die ontstaan doordat de participanten bijvoorbeeld doordat variabelen als, voeding hebben genuttigd of een "mindere" dag hebben gehad op werk mogelijk veel fluctueren (18,19)

Participanten

Exclusie van participanten wordt uitgevoerd door contra-indicaties en rode vlaggen uit te vragen via vragenlijsten. Ook wordt met behulp van de vragenlijsten uitgevraagd of participanten fysiek gezond en actief genoeg zijn, of juist te actief voor deelname. Zo worden participanten die meer dan 10 uur sporten in de week gezien als elite sporter en hiermee geëxcludeerd uit het onderzoek, immers zijn elite atleten niet de norm (20).

De PAR-Q wordt gebruikt om de gezondheid van de participant te objectiveren. Zo worden in de PAR-Q vragen gesteld over de medische voorgeschiedenis van de participant (de aanwezigheid van cardiovasculaire, pulmonaire, neurologische en/of musculoskeletale aandoeningen) (21,22). De EQ5D+C wordt gebruikt om inzicht te krijgen in de mentale en fysieke gezondheid van de participant (23,24). De laatste vragenlijst, de SQUASH wordt ingevuld om te controleren of de participant in overeenstemming is met de Nederlands Norm Gezond Bewegen (25,26). Participanten worden geïnccludeerd als ze voldoen aan de vragenlijsten, hiermee wordt de participant dus als "gezond" en fysiek actief genoeg beschouwd. Binnen de participanten die verzameld worden wordt ook gekeken aan wat voor sport de participant deelneemt, vervolgens wordt hier een type aan gekoppeld om de invloed van type sport mee te nemen in het onderzoek. Het type sport wordt bepaald door te kijken naar de inspanning die een participant levert tijdens zijn/haar sport, inspanningen met een duur van 0 tot 15 seconden worden ingedeeld in de explosieve groep, 16 seconden tot 2 minuten in de anaerobe groep en participanten die langer dan 2 minuten aan één stuk sporten worden gezien als aerobe sporters. Daarom is de keuze gemaakt om participanten die aan indoor fitness of vecht/verdedigingsporten doen in te delen binnen de explosieve groep. Participanten worden ingedeeld als anaerobe sporter wanneer ze aan outdoor fitness, bootcamp of balsporten deelnemen, waarin men 15 seconden tot 2 minuten hoog intensief bezig is. Als laatste groep kan de participant gezien worden als aerobe sporter, hierin worden sporten/activiteiten als wielrennen, hardlopen, lange afstand schaatsen en zwemmen meegenomen, maar ook fietsen en wandelen.

In-/Exclusiecriteria

Inclusiecriteria zijn gezonde, actieve Nederlandse volwassenen, inclusief ouderen, tussen de leeftijd van 25 tot en met 85 jaar oud.

Daarnaast worden participanten die aan de volgende criteria voldoen geëxcludeerd voor deelname aan dit onderzoek:

- Een medische status (fysiek of mentaal) dat een maximale inspanning gecontra-indiceerd, gebaseerd op de PAR-Q (alle vragen moeten beantwoord worden met "Nee", hierbij wordt rekening gehouden met het feit dat de SRT op een fietsergometer plaatsvindt en de Isokinetische dynamometrie op een stoel, in een houding die vergelijkbaar is met een leg extension machine (27);
- Niet in overeenkomst met de Nederlandse richtlijn voor fysieke activiteit en sport (een minimum van 5 dagen in de week, 30 minuten per dag gemiddeld tot intensieve fysieke activiteit) gebaseerd op de SQUASH (26);

- Medicatie die het inspanningsvermogen negatief beïnvloeden, neem bijvoorbeeld bètablokkers, anti depressiva of NSAID's (28);
- Duidelijke gezondheidsproblemen die invloed hebben op het inspanningsvermogen gebaseerd op de PAR-Q of indien nodig, adviezen van uw arts (22);
- Obese (BMI >30 kg/m²), mensen met obese mogen niet participeren in dit onderzoek omdat obese niet gezond is, vanwege verschillende vormen van insuline resistentie, dislipidemie, atriumfibrilleren, verschillende soorten kanker en aandoeningen aan het slaapritme ((29);
- Niet kunnen volgen van de Nederlandse spreektaal;
- Meer dan 10 uur in de week sporten (20);
- Zwangerschap, participanten die zwanger zijn worden geëxcludeerd omdat veranderingen van het lichaam te variabel zijn. Daarnaast is het niet de norm van het lichaam om zwanger te zijn gedurende het hele leven en dus ook niet representatief voor de testpersoon en de "norm" (30).

Daarnaast worden participanten geëxcludeerd uit de database wanneer blijkt dat participanten vragenlijsten incorrect hebben ingevuld, mocht dit blijken tijdens een meetmoment. Ook vindt exclusie plaats wanneer de testprocedure wordt afgebroken door supervisie of bereiken van afkappunten. Afbreken van testprocedure en exclusie van database vindt plaats in de volgende gevallen:

- Te hoge bloeddruk gedurende of na de test; Systolische druk 250 mmHg/diastolische druk 115 mmHg (31).
- Plotselinge daling van 15mmHg in de diastolische bloeddruk gedurende de test (31).
- Onwel worden van participant gedurende de test
- Geen maximale inspanning bereikt:
 - Afwezigheid van compensatie strategieën als vergroten van de rompbeweging of bijvoorbeeld versnellen van ademhaling.
 - Afwezigheid van zichtbare vegetatieve reacties als zweten en huidverkleuring.
 - De participant is in staat om het RPM boven de 60 te houden.
- Incomplete dataset.

Data verzameling

Antropometrie

Antropometrische waarden als de lengte (cm) en het gewicht (kg) kunnen van belang zijn om een beter beeld van de efficiëntie van kracht te krijgen of de kracht in verhouding tot het lichaam. Lichaamslengte wordt gemeten met behulp van een lengtemeter (aftellende rolmaat) die op kloppende hoogte wordt gemonteerd aan een wand of statief, de lengte wordt genoteerd in meters en wordt afgerond op 1 decimaal. Lichaamsgewicht wordt gemeten met een medisch gecertificeerde weegschaal met een nauwkeurigheid van 0.1kg. Participanten worden geadviseerd om lichte kleding, maar geen schoenen gedurende de deze metingen te dragen. Voor de kleding wordt 0.5kg gerekend, dit houdt in dat er 0.5kg wordt afgetrokken van het totale gewicht op de weegschaal. Door een 4-punts huidplooiemeting te doen (biceps, triceps, subscapulaire, suprailiacale) kan het subcutane vetpercentage berekend worden met de formule van Durnin en Wommersley (32). Vervolgens kan samen met het gewogen gewicht de Fat-Free Mass (FFM) berekend worden door $\text{Fat-free mass} = \text{weight [kg]} \times (1 - (\text{body fat [\%]} / 100))$

Dynamometrie

De maximale kracht van de knie-extensoren en het maximale uithoudingsvermogen van de knie flexoren en extensoren worden unilateraal getest (alleen het dominante been), gebruikmakend van een isokinetische dynamometer die aan een computer met MetaSoft Studio is gelinkt (33).

Participanten doorlopen twee protocollen die de Peak torque (maximale kracht) en Fatigue index (maximale uithoudingsvermogen) meten. In beide protocollen zitten participanten recht op in een stoel met stabiliserende riemen rond de borst, heupen en het bovenbeen om zoveel mogelijk

compensatie strategieën/variabelen te voorkomen. Het been geïsoleerd testen levert namelijk minder krachten vanuit de romp of ander momentum op. De hard-/software wordt ingesteld op de antropometrische waarden van de participant, hierin worden lengte en gewicht meegenomen. Ook de maximale extensie en flexie van de knie ingesteld voor het geval de machine doorslaat in zijn functie van het isokinetisch meten en hierdoor door de eindgrens van de participant heen beweegt. De maximale kracht wordt gemeten met behulp van een isometrische test (34). De participant krijgt twee oefenpogingen om te wennen aan de isometrische inspanning, vervolgens krijgt de participant 3 pogingen van 3 seconden, de software meet de kracht die op de arm van de machine komt in Peak torque, uitgedrukt in Newtonmeter (Nm)(34). De participant krijgt vervolgens 2 minuten pauze om zijn/haar energie voorraden grotendeels aan te vullen (35).

Het maximale uithoudingsvermogen wordt getest met een isokinetische test. De participant zit net als bij de isometrische test gefixeerd in de stoel om compensatie te voorkomen. Binnen het protocol krijgt de participant 5 oefenherhalingen om te wennen aan de inspanning, na een pauze van twee minuten wordt de participant gevraagd 20 keer het been te strekken en buigen tegen de weerstand van de machine in. De oefenset is net als bij het isometrisch testen hier van belang, omdat er in het dagelijks leven nauwelijks tot geen isometrische/-kinetische weerstand gevraagd wordt. De participant mag na de oefenset 20 keer op een constante snelheid van 3.14 rad/sec - 180°/sec zijn/haar knie maximaal te strekken en te buigen. Het maximale uithoudingsvermogen wordt berekend door de software, de daling in peak torque tussen de eerste drie en laatste drie herhalingen wordt gebruikt om een fatigue index (%) te berekenen.

Steep Ramp Test (SRT)

De SRT wordt uitgevoerd op een elektronische geremde fietsergometer met breath-to-breath ademgas analyse, pulseoxy meting, hartslagmeting, en bloeddrukmeting. Het meetinstrument wordt uitgevoerd volgens het protocol (9) die werd gebruikt voor de leeftijdscategorie 19-24 (9,17). Participanten krijgen een warming up van 3 minuten op 0W, vervolgens start na 3 minuten het testprotocol, hierin wordt de wattage geleidelijk met 25W per 10 seconden verhoogd. De participant wordt hier zorgvuldig gemonitord op fysiologische reacties die de participant eventueel in gevaar kunnen brengen. Daarnaast dragen participanten een gezichtsmasker die wordt bevestigd aan een "breath-by-breath" metabolisch test systeem, de software berekent vervolgens door de ademhalingsgassen te vergelijken met de omgeving gassen het Respiratory Exchange Ratio (RER). Het RER geeft het ratio weer waarin O₂ wordt opgenomen en CO₂ wordt uitgestoten, hierbij start het lichaam met een RER van ongeveer > 1,00 de inzet van bicarbonaat buffering te vergroten om de bloedhomeostase te bewaren (36,37). Verder draagt de participant een hartslagband om de hartslag (bpm) te meten en een bloeddruk meter (mmHg) om de arm voor de bloeddruk en een vingertop pulse-oxymeter voor de saturatie (%), deze waarden worden zowel in rust als tijdens/na activiteit gemeten. Deze parameters worden gebruikt om een inzicht te krijgen in de inspanning die de participant levert, met daarnaast de cardiorespiratoire fitness, maar ook om veiligheid in te bouwen voor de participant (38). Zo is bijvoorbeeld een bovendruk bij inspanning boven de 250 een reden de test te beëindigen en hetzelfde geldt bij een saturatie lager dan 90% (31). Verder wordt de participant gevraagd de rounds-per-minute (RPM) rond de 70 en 80 te houden, zodra de participant onder de 60RPM zakt, ondanks aanmoediging wordt de test afgerond en mag de participant uitfietsen op 25W.

Cardiopulmonary Exercise Test (CPET)

De CPET wordt uitgevoerd op een elektronische geremde fietsergometer met breath-to-breath ademgas analyse, pulseoxy meting, ECG en bloeddrukmeting. De CPET kan gestart worden nadat de participant minimaal 30 minuten rust heeft gehouden na de SRT, de participant kan hetzelfde gezichtsmasker gebruiken voor de breath-to-breath analysis en het zadel kan op dezelfde hoogte worden ingesteld als bij de SRT. Vervolgens kan de participant aan een 6-punts ECG worden aangesloten. Het ECG wordt afgelezen en geïnterpreteerd door een medisch specialist die hier bevoegd voor is, de medisch specialist mag het protocol ten alle tijden beëindigen als hij/zij de situatie gevaarlijk vindt op basis van het ECG of in combinatie met een hoge bloeddruk (afkappunt

voor de bloeddruk is 250/115 of wanneer de systolische bloeddruk plotseling 15 mmHg daalt ongeacht stijging van de wattage) (31). Om de participant helemaal aan te koppelen wordt de pulseoxy meter bevestigd op de top van de wijsvinger en wordt een bloeddrukmeter om de rechterarm gedaan. Er worden meerdere bloeddrukmetingen gedaan tijdens het protocol, 1 vooraf, tijdens het fietsen iedere 3 minuten en direct na de test wordt een bloeddrukmeting gedaan. Voordat de participant mag starten met het protocol moet hij/zij nog aangeven hoe hij/zij zich voelt op basis van de 14-punts schaal van BORG (39).

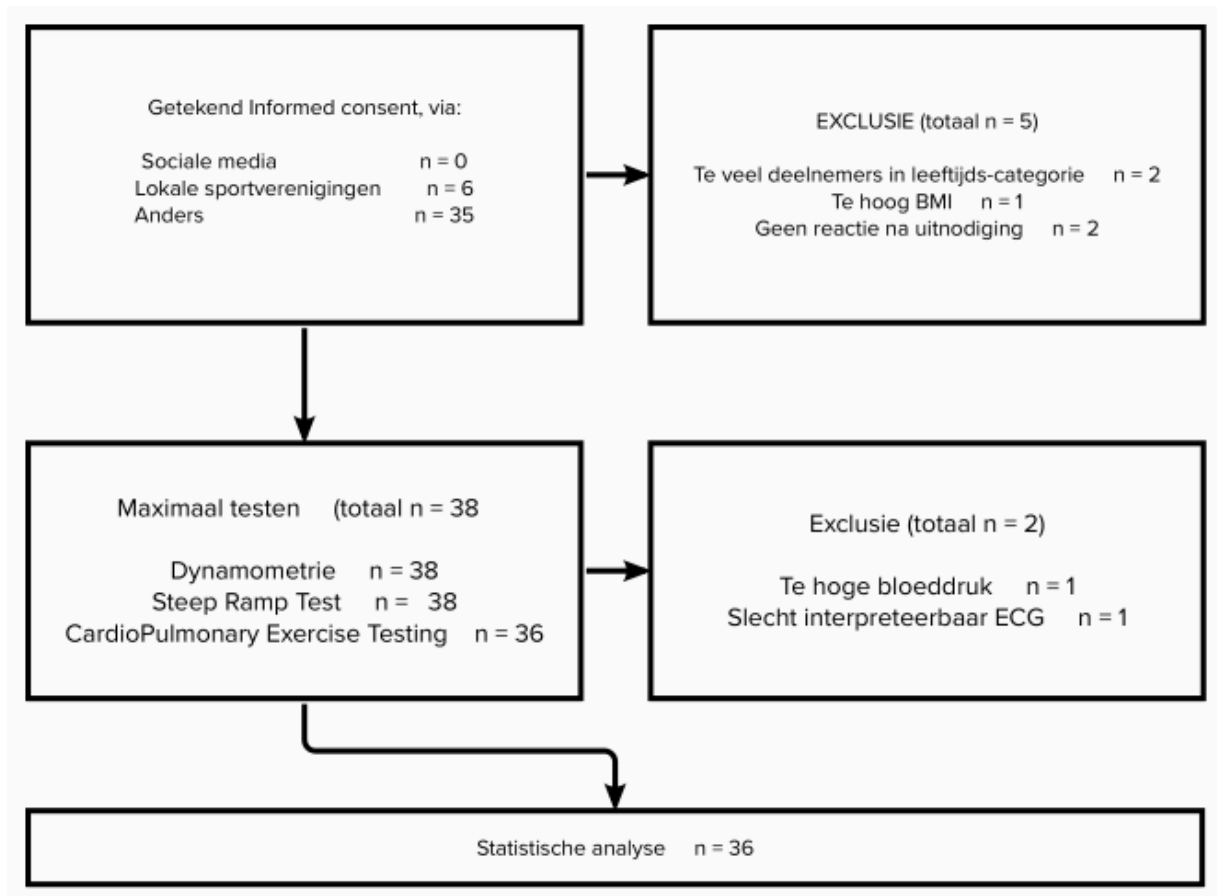
Daarna start de participant met 3 minuten warm fietsen op 0 watt en vervolgens start het protocol met een van tevoren ingesteld wattage opbouw van 15/10-25/25/30/35/40/45 of 50 watt per minuut. Voor de meeste betrouwbare resultaten zal de participant tussen de 8 en 12 minuten moeten fietsen (40). Daarom is ervoor gekozen om het protocol in te stellen op een wattage waarbij de participant naar schatting van de onderzoekers de 10 minuten haalt. Deze inschatting wordt gemaakt door ongeveer 100 Watt van de WRpeak-srt af te trekken. Het protocol wordt beëindigd op voorgaand genoemd advies van supervisie of verder wordt de participant gevraagd de rounds-per-minute (RPM) rond de 70 en 80 te houden, zodra de participant onder de 60RPM zakt, ondanks aanmoediging wordt de test afgerond en mag de participant uitfietsen op 25W.

Statistische analyse

Statistische analyse is gedaan met behulp van de Statistical Package for the Social Sciences (SPSS-versie 29, SPSS INC, Chicago, Illinois). De demografische eigenschappen van participanten worden onderverdeeld in continue en categorische data. Hierin wordt de continue data gepresenteerd in range, minimum en maximum, het gemiddelde en de standaarddeviatie waarin de gegevens gegroepeerd worden op basis van sekse. De categorische data worden gepresenteerd in frequentie, percentages, met daarnaast het gemiddelde van de WRpeak-srt (inclusief standaarddeviatie). Daarnaast wordt in deze tabel de significantie van de Shapiro-Wilk test voor normaliteit gepresenteerd, voor de afhankelijke variabelen. Deze toetsing van normaliteit is gekozen, omdat deze geschikt is voor een populatie kleiner dan 50, hierbij wordt bij $p > 0,05$ uitgegaan van een normale verdeling van de data (41). Op basis van het testen op normaliteit wordt vervolgens gekozen voor de pearson' correlatie test bij een normale verdeling en voor spearman' correlatie test bij niet normaal verdeelde data. Bij een significante correlatie van afhankelijke variabelen die relevant zijn voor de hoofd/deelvragen wordt middels een multivariabele lineaire regressie met backward eliminatie getest op de invloed van onafhankelijke variabelen. Uitkomsten van de multivariabele lineaire regressie met terugwerkende eliminatie, worden gepresenteerd in tabellen met regressie statistiek (multiple R, Rkwadraat (R^2), Aangepaste R^2 , standard error en ANOVA; som van kwadraten, graden van vrijheid (df), gemiddelde kwadraat, F en significantie) en een coëfficiënten tabel (niet-gestandaardiseerde coëfficiënten in B en standaard error; gestandaardiseerde coëfficiënten in bèta, t en significantie; 95% Confidence Interval voor B). Met de terugwerkende eliminatie worden variabelen verwijderd uit de formule als de variabele niet significant is ($p > 0,05$) en/of wanneer $F \geq 0,100$. Verder wordt voor het testen van de invloed van het type sporter op de afhankelijke variabelen de one-way ANOVA gebruikt, uitkomsten van de one-way ANOVA worden gepresenteerd in een tabel met som van kwadraten, graden van vrijheid (df), gemiddelde kwadraat, F en significantie tussen de groepen, daarnaast ook de som van kwadraten, graden van vrijheid (df) en gemiddelde kwadraat binnenin de groepen. Stratificatie van sekse is toegepast als maatregel tegen confounding.

Resultaten

Participanten



Figuur 1: Flowchart voor het proces van tekenen van informed consent tot aan de statistische analyse.

Na rekrutering voor participanten hebben 41 individuen gereageerd met een ondertekent informed consent, 2 van deze individuen in een leeftijdsgroep die geen meerwaarde meer heeft voor het overkoepelende onderzoek. 1 individu is geëxcludeerd vanwege een te hoog BMI en een laatste individu heeft niet gereageerd op uitnodiging voor het meetmoment. Na het meten van 38 participanten zijn twee participanten geëxcludeerd, 1 participant voor een te hoge bloeddruk tijdens de CPET en 1 participant vanwege een slecht interpreteerbaar ECG tijdens de CPET. 22 mannen en 14 vrouwen zijn meegenomen in de statistische analyse. Van de in totaal 36 participanten zijn 10 explosieve sporters, 7 anaeroob en 15 aeroob, met daarnaast 4 participanten die niet aan een specifieke sport doen. De demografische gegevens van participanten onderverdeeld in mannen en vrouwen worden gepresenteerd in tabel 1, hier is te zien dat de mannen ($42,9; \pm 19,1$) gemiddeld jonger zijn dan de vrouwen ($44,9; \pm 16,8$) en dat de mannen ($0,97; \pm 0,05$) een hoger middel heup ratio hebben dan de vrouwen ($0,92; \pm 0,05$) in combinatie met een hogere vetvrije massa voor mannen ($63,0\text{kg}; \pm 6,57$) dan vrouwen ($47,06\text{kg}; \pm 5,9$). Verder is de rusthartslag vergelijkbaar tussen mannen ($73,45\text{bpm}; \pm 7,57$) vrouwen ($75,93\text{bpm}; \pm 10,87$). De mannen scoren ($426,9\text{W}; \pm 74,7$) gemiddeld een hogere WRpeak-srt dan de vrouwen ($329,6\text{W}; \pm 95,2$) en behalen hierbij ook een hogere RERmax-srt (mannen ($1,45; \pm 0,12$); vrouwen ($1,31; \pm 0,19$)). Als laatste scoren de mannen ($239,0\text{Nm}; \pm 77,4$) gemiddeld een hogere maximale kracht dan de vrouwen ($168,9\text{Nm}; \pm 48,4$).

Demografische continue data n = 36 (100%)							
Sekse	Karakteristieken	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Shapiro-Wilk
Man, n = 22 (61%)	Leeftijd	51	25	76	42,91	19,06	
	Gewicht	44,5	63	107,5	80,30	11,04	
	Lengte	0,34	1,68	2,02	1,84	0,07	
	BMI	8,6	19,6	28,2	23,56	2,10	
	Vetpercentage	17,8	12,6	30,4	21,06	5,18	
	FFM	21,9	53,6	75,5	63,03	6,57	
	Middel/Heup Ratio	0,18	0,89	1,07	0,97	0,05	
	HFrust	28	56	84	73,45	7,57	
	RERmax-srt	0,4	1,24	1,64	1,45	0,12	0,592
	WRpeak-srt	283	272	555	426,91	74,70	0,478
	Maximale kracht	331	123	453	238,97	77,42	
	Maximale uithoudingsvermogen	187	-116	71	8,59	40,48	
	WRpeak-cpet	356	124	480	313,05	85,22	0,997
	RERmax-cpet	0,5	0,99	1,49	1,2862	0,0997	0,98
Vrouw, n = 14 (39%)	Leeftijd	51	25	76	44,93	16,77	
	Gewicht	25	54	79	68,36	6,64	
	Lengte	0,23	1,63	1,86	1,73	0,07	
	BMI	9,3	17,6	26,9	22,93	2,26	
	Vetpercentage	21	18,1	39,1	31,12	5,43	
	FFM	21,7	39,3	61	47,06	5,90	
	Middel/Heup Ratio	0,17	0,83	1	0,92	0,05	
	HFrust	40	59	99	75,93	10,87	
	RERmax-srt	0,64	0,95	1,59	1,31	0,19	0,739
	WRpeak-srt	357	163	520	329,57	95,19	0,229
	Maximale kracht	179	114	292	168,90	48,35	
	Maximale uithoudingsvermogen	28	13	41	26,79	7,19	
	WRpeak-cpet	283	163	446	242,57	83,68	0,015
	RERmax-cpet	0,33	1,02	1,35	1,2217	0,10795	0,255
Demografische categorische data n = 36 (100%)							
	Karakteristieken	Frequency	Percent	Gemiddelde WRpeak-srt (W)	Std. Deviation WRpeak- srt(W)	ANOVA (p- value)	
	Explosief	10	27,8	412,1	120,789	0,532	
	Anaeroob	7	19,4	417,14	59,957		
	Aeroob	15	41,7	364,67	86,402		
	Geen sport	4	11,1	373,75	112,5		

Tabel 1: Demografische eigenschappen van zowel continue als categorische data. Continue data worden gepresenteert in Range, Minimum, Maximum, Gemiddelde, Standaarddeviatie met daarnaast een Shapiro-Wilk voor de normaalverdeling. Categorische data worden gepresenteerd in frequentie, percentage. Leeftijd in jaren, gewicht in kilogram lichaamsgewicht afgerond op 1 decimaal, lengte in meters afgerond in 2 decimalen, Body Mass Index (BMI) in gewicht (kg)/lengte² (m), vetpercentage (%), Fat Free Mass (FFM) in kilogram, Middel/heup ratio, RERmax-srt, RERmax-cpet, WRpeak-srt (W), WRpeak-cpet (W), maximale kracht (Nm), uithoudingsvermogen (%). Categorische data worden gepresenteerd in frequentie, percentage, WRpeak gemiddelde en standaarddeviatie per type sporter gepresenteerd. Daarnaast wordt de one-way ANOVA-significantie tussen de groepen gepresenteerd.

Om de juiste statistische toetsing uit te voeren wordt op normaliteit getoetst middels de Shapiro-Wilk test. Hierbij zijn de afhankelijke variabelen getoetst en wordt gepresenteerd in tabel 1. Na de Shapiro-Wilk is gekozen voor parametrische toetsing vanwege een normale verdeling van de data, $p > 0,05$. Bi-variabele correlaties zijn getoetst met Pearson' correlatie test, resultaten uit de correlatie test worden gepresenteerd in tabel 2. Resultaten die relevant zijn voor hoofd en deelvragen zijn de correlaties tussen de WRpeak-srt/Maximale kracht waarbij een significante correlatie voor mannen $r = 0,596$ ($p=0,003$) en voor vrouwen is gevonden $r = 0,864$ ($p<0,001$). Voor de WRpeak-srt/Maximale uithoudingsvermogen bij mannen en vrouwen is de correlatie niet significant en is er ook een slechte correlatie gevonden, bij de mannen is dit $r = 0,359$ ($p=0,101$) en voor de vrouwen $r = 0,024$ ($p=0,934$). Als laatste is de RERmax-srt met zowel de WRpeak-srt geprobeerd te correleren als met de maximale kracht bij mannen en vrouwen. Dit resulteerde voor de RERmax-srt/WRpeak-srt bij mannen in $r = 0,537$ ($p=0,01$) en bij de vrouwen in $r = 0,692$ ($p=0,006$) en voor de correlatie met de maximale kracht bij mannen $r = 0,157$ ($p=0,485$) en bij de vrouwen in $r = 0,672$ ($p=0,008$).

Pearson Correlations			
Sekse		WRpeak-srt	RERmax-srt
Man, n = 22	WRpeak-srt		,537** (p=0,01)
	RERmax-srt	,537** (p=0,01)	
	Maximale kracht	,596** (p=0,003)	0,157 (p=0,485)
	Maximale uithoudingsvermogen	0,359 (p=0,101)	0,308 (p=0,163)
	WRpeak-cpet	,931** (p<0,001)	,511* (p=0,015)
	RERmax-cpet	-0,076 (p=0,736)	0,322 (p=0,144)
Vrouw, n = 14	WRpeak-srt		,692** (p=0,006)
	RERmax-srt	,692** (p=0,006)	
	Maximale kracht	,864** (p<0,001)	,672** (p=0,008)
	Maximale uithoudingsvermogen	0,024 (p=0,934)	-0,407 (p=0,148)
	WRpeak-cpet	,955** (p<0,001)	,648* (p=0,012)
	RERmax-cpet	0,309 (p=0,283)	0,348 (p=0,222)
** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).			
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).			

Tabel 2: Parametrische correlaties middels Pearson' correlatie test.

Om de invloed van de antropometrische variabelen te berekenen voor de WRpeak-srt is een multivariabele lineaire regressie met terugwerkende eliminatie gebruikt. Hierbij zijn de volgende variabelen gebruikt om te toetsen of er een significant voorspellingsmodel gemaakt kan worden: Sekse (Man of vrouw), leeftijd (Jaren), gewicht (kg), lengte (m), BMI (kg/m^2), vetpercentage (%), FFM (kg), middel/heup ratio, HFrust (BPM), RERmax-srt, maximale uithoudingsvermogen (%) en de maximale kracht (Nm). Het regressie model voor de WRpeak-srt = $396,073 + 65,21 \cdot (\text{sexe (man (1), vrouw (0))}) - 2,272 \cdot (\text{leeftijd}) + 5,779 \cdot (\text{gewicht}) - 8,071 \cdot (\text{vetpercentage}) - 3,144 \cdot (\text{HFrust})$. De algehele regressie was significant en voorspelt 82,2% van de WRpeak-srt (Aangepaste $R^2 = 0,822$; $F(267881,41; 48172,475) = 33,365$; $p < 0,001$). Hieruit blijkt dat sekse ($\beta = 0,339$; $p = 0,036$) leeftijd ($\beta = -0,430$; $p < 0,001$), gewicht ($\beta = 0,678$; $p < 0,001$), vetpercentage ($\beta = -0,611$; $p < 0,001$), HFrust ($\beta = -0,296$; $p < 0,001$) significant de WRpeak-srt beïnvloeden. Echter dat het FFM, middel/heup ratio, lengte, BMI, RERmax-srt en de maximale knie extensie kracht de WRpeak-srt niet significant ($p > 0,05$) beïnvloeden in dit voorspellingsmodel, resultaten uit de regressie van de WRpeak worden gepresenteerd in tabel 3a.

Regressie statistieka							
Multiple R	0,921						
R ²	0,848						
Aangepaste R ²	0,822						
Standaard Error	40,072						
ANOVAa	Som van kwadraten	df	Gemiddelde kwadraat	F	Sig.		
Regressie	267881,41	5	53576,283	33,365	<,001b		
Residuaal	48172,475	30	1605,749				
	316053,88						
Totaal	9	35					
Coefficientsa							
	Ongestandaardiseerde coëfficiënten		Gestandaardiseerde coëfficiënten	t	Sig.	95,0% Confidence Interval voor B	
Voorspellers	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
(Constante)	396,073	91,148		4,345	<,001	209,924	582,221
Sekse	65,21	29,691	0,339	2,196	0,036	4,573	125,848
Leeftijd (j)	-2,272	0,509	-0,43	-4,461	<,001	-3,312	-1,232
Gewicht (kg)	5,779	0,884	0,678	6,539	<,001	3,974	7,583
Vetpercentage (%)	-8,071	1,944	-0,611	-4,151	<,001	-12,041	-4,1
HFrust (BPM)	-3,144	0,827	-0,296	-3,8	<,001	-4,834	-1,455
a Afhankelijke variabele: WRpeak-srt							

Tabel 3a: Resultaten van de multivariabele lineaire regressie met backward eliminatie van de WRpeak-srt. Sekse als man of vrouw, Leeftijd in jaren, Gewicht in Kilogram lichaamsgewicht, Vetpercentage in % en de Hartfrequentie in rust (BPM).

Om te voorspellen of de maximale kracht invloed heeft op de RERmax-srt is een multivariabele lineaire regressie met backward eliminatie gebruikt. Hierbij zijn de volgende variabelen gebruikt om te toetsen of er een significante voorspelling gemaakt kan worden: Sekse (Man of vrouw), leeftijd (Jaren), gewicht (kg), lengte (m), BMI (kg/m²), vetpercentage (%), FFM (kg), middel/heup ratio, HFrust (BPM), RERmax-srt, maximale uithoudingsvermogen (%), maximale kracht (Nm) en de WRpeak-srt (W). Het voorspellingsmodel voor de RERmax-srt = $1,597 - 0,004 \cdot (\text{leeftijd}) - 0,022 \cdot (\text{BMI}) + 0,009 \cdot (\text{FFM})$. De algehele regressie was significant (AangepasteR² = 0,548; F(0,527; 0,372) = 15,116; p < 0,001). Hieruit blijkt dat BMI ($\beta = -0,299$; p = 0,033), Leeftijd ($\beta = -0,431$; p = 0,002) en het FFM ($\beta = 0,535$; p < 0,001) significant de RERmax-srt beïnvloeden. Echter dat het Sekse, Gewicht, Middel/heup ratio, Vetpercentage, Lengte, Maximale kracht en de HFrust, de RERmax-srt niet significant (p > 0,05) beïnvloeden in dit model. Resultaten uit de regressieanalyse van de RERmax-srt worden gepresenteerd in tabel 3b.

Regressie statistieka							
Multiple R	0,766						
R²	0,586						
Aangepaste R²	0,548						
Standaard Error	0,10779						
ANOVAa							
	Som van kwadraten	df	Gemiddelde Kwadraat	F	Sig.		
Regressie	0,527	3	0,176	15,116	<0,001		
Residuaal	0,372	32	0,012				
Totaal	0,899	35					
Coefficientsa							
	Ongestandaardiseerde coëfficiënten		Gestandaardiseerde coëfficiënten	t	Sig.	95,0% C.I. voor B	
Voorspellers	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
(Constant)	1,597	0,2		8,006	<,001	1,191	2,004
Leeftijd	-0,004	0,001	-0,431	-3,455	0,002	-0,006	-0,002
BMI	-0,022	0,01	-0,299	-2,228	0,033	-0,043	-0,002
FFM	0,009	0,002	0,535	3,951	<,001	0,004	0,013
a Afhankelijke variabele: RERmax-srt							

Tabel 3b: Resultaten van de multivariabele lineaire regressie van de WRpeak-srt. Leeftijd in jaren, Body Mass Index in gewicht (kg)/lengte² (m) en de fat free mass (FFM) in kg.

Een one-way ANOVA is uitgevoerd om de effecten van de verschillende types sporters te vergelijken met de WRpeak-srt. De one-way ANOVA liet zien dat er geen statistisch significant verschil was voor de WRpeak-srt tussen twee of meerdere groepen ($F(3, 32) = 0,747$, $p = 0,532$).

ANOVA					
WRpeak-srt					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tussen Groepen	20692,048	3	6897,349	0,747	0,532
In groepen	295361,84	32	9230,058		
Totaal	316053,889	35			

Tabel 4: Frequenties, gemiddelde en standaarddeviaties van de WRpeak-srt in de verschillende type sport groepen worden gepresenteerd in tabel 1. Resultaten van uit de one-way ANOVA in tabel Met een ANOVA tussen de groepen $p = 0,532$.

Discussie

Het doel van deze studie was het vaststellen van een relatie tussen de WRpeak-srt en de maximale kracht en/of het maximale uithoudingsvermogen. Pearson' correlatieanalyse laat voor mannen ($r=0,596$; $p=0,003$) en vrouwen ($r=0,864$; $p<0,001$) een significante correlatie tussen de WRpeak-srt en de maximale kracht. Dit beantwoordt dan ook de hoofdvraag dat er een relatie is tussen de maximale kracht en de WRpeak-srt. Omdat er nog geen literatuur beschikbaar is waarin de maximale kracht evaluatief wordt vergeleken met de WRpeak-srt worden deze resultaten uitgediept met vergelijkbare literatuur. De resultaten komen namelijk overeen met vergelijkbaar eerder onderzoek waarin wordt aangetoond dat fietsers met een hogere maximale kracht, een hogere VO₂peak behalen (13–15). Zo wordt er gesteld dat als resultaat van een hogere maximale kracht, na maximale krachtraining, de intramusculaire structuren efficiënter gaan samenwerken wat vervolgens resulteert in een efficiëntere energieproductie (15). Dit zou tot stand komen doordat de metabolische vraag voor zuurstof wordt verlaagd als resultaat van maximale krachtraining. Hierbij moet wel een kanttekening geplaatst worden, namelijk de populatie binnen het onderzoek van (15) komt niet overeen met de populatie uit dit onderzoek, de populatie van (15) is namelijk te klein om te generaliseren en komt daarnaast niet overeen met de exclusiecriteria van dit onderzoek, vanwege het gebruik van elite atleten. Verder is het positief dat (14) de hypothese en bevindingen van dit onderzoek ondersteunt, echter geeft de meta-analyse conflicterende resultaten met (15). In deze meta-analyse wordt namelijk gesteld dat wanneer men krachtraining toevoegt aan een sport-specifiek trainingsschema, er geen veranderingen zijn in de VO₂max en het aeroob uithoudingsvermogen, maar wel in de energie kosten van locomotie. Het trainen van de maximale kracht lijkt dus invloed te hebben op de efficiëntie van energie verbranding, het kost minder energie om dezelfde beweging te maken.

Om Pearson' correlatie tussen de WRpeak en maximale kracht verder te onderbouwen is een multivariabele lineaire regressie met terugwerkende eliminatie gedaan. In deze regressie is gekeken naar de invloed van antropometrische waarden op de WRpeak-srt. Het lijkt dat zwaardere mensen met een lager vetpercentage een hogere WRpeak-srt te scoren, respectievelijk, $\beta = 0,678$ ($p < 0,001$) en $\beta = -0,611$ ($p < 0,001$). Met de resultaten van de regressie lijkt het dus dat mensen met een hogere vetvrije massa beter scoren op de SRT. De regressieanalyse wordt ondersteunt door eerder onderzoek, door de efficiëntie van zuurstof gebruik in de skeletspier of dus grotere vetvrije massa is er in verhouding minder zuurstoftransport nodig om dezelfde WRpeak te halen (15). Een kanttekening hierbij is dat het gewicht wel zwaarder weegt in de regressievergelijking dan het vetpercentage, dit zou betekenen dat hoe zwaarder je bent je WRpeak-srt altijd omhoog zou gaan. Daarnaast lijkt er volgens het regressie model invloed van het cardiovasculaire systeem te zijn, namelijk dat wanneer men een lagere hartslag in rust heeft, dit resulteert in een hogere WRpeak-srt, respectievelijk $\beta = -0,296$; $p < 0,001$.

De RERmax-srt correleert sterk met zowel de WRpeak-srt als $-cpet$. De RER wordt berekend door ademhalingsgassen te vergelijken met de omgeving en vervolgens geeft het testsysteem de ratio weer waarin O₂ wordt opgenomen en CO₂ wordt uitgestoten. Nadat de RER een waarde hoger dan 1,00 bereikt zal het lichaam starten met bicarbonaat buffering. Bicarbonaat buffering is het systeem dat het lichaam gebruikt om de homeostase te bewaren in het bloed (37). Omdat in deze situatie het Ph van het bloed daalt door de productie van CO₂ is onder andere bicarbonaat nodig om deze Ph te laten stijgen en daarmee de homeostase te behouden. Daarom zou met behulp van het RERmax-srt een inschatting gemaakt kunnen worden in hoeverre een persoon in staat is om een maximale inspanning te leveren en de homeostase van het bloed te bewaren (37,42). Zo zou een participant die in staat is een hogere RERmax-srt te bereiken beter in staat kunnen zijn om de homeostase te bewaren met onder andere hulp van bicarbonaat. Dit is terug te zien in de resultaten van de Pearson' correlatie bij

zowel mannen ($r=0,537$; $p=0,010$) als vrouwen ($r=0,692$; $p=0,006$). Verder is er ook een significante correlatie gevonden tussen de RERmax-srt en de maximale kracht voor vrouwen ($r=0,672$; $p=0,008$), wat zou betekenen dat Vrouwen met een hogere maximale kracht, beter in staat zijn om de homeostase te bewaren in het bloed. Echter lijkt dit voor mannen niet het geval, hier is een lage niet-significante correlatie gevonden ($r=0,157$; $p=0,485$), de exacte oorzaak van dit grootte verschil tussen de mannen en vrouwen is onduidelijk. Desalniettemin laat de multivariabele lineaire regressie met terugwerkende eliminatie zien dat ongeacht het geslacht, de leeftijd, het BMI en de FFM samen significant het RERmax-srt kan voorspellen. Uit de regressievergelijking blijkt dat wanneer een participant hogere vetvrije massa heeft hij/zij in staat is om een hogere RERmax-srt te bereiken. Deze hogere RERmax-srt zou dan de mogelijkheid bieden om een hogere WRpeak-srt te halen omdat de homeostase beter bewaard blijft, hierdoor kan het lichaam vervolgens meer kracht genereren omdat het als "veilig" wordt geacht door het brein (19).

Een limiterende factor binnen deze studie is het tekort aan deelnemers om een succesvolle analyse te maken over wat het type sporter zegt over de behaalde WRpeak. De power van de analyse is kleiner dan wenselijk en zou vergroot kunnen worden door de variëteit te verkleinen binnen de groepen te vergroten. Door de sample size te vergroten wordt de kans groter dat er betrouwbare resultaten uit de oneway-ANOVA komen. Zoals eerder aangegeven is in dit onderzoek gebruik gemaakt van een convenience sample vanwege het tekort aan tijd om meer participanten te onderzoeken. Ook is er een selectie bias aanwezig in dit onderzoek, dit is terug te zien in de verschillen tussen mannen en vrouwen. Dit had voorkomen kunnen worden door de gehele groep onder te verdelen in gerandomiseerde groepen, zo worden de resultaten minder beïnvloed door onbekende karakteristieken van participanten. Echter zijn de onbekende karakteristieken minder van belang in dit onderzoek vanwege het feit dat de populatie de "gezonde" Nederlander moet vertegenwoordigen, om het tegendeel te voorkomen zijn specifieke exclusiecriteria opgesteld.

Een andere limiterende factor binnen de studie was het tijdstip van testen, wekelijks op woensdag rond het eind van de middag/begin van de avond. Door op één dag in de week te testen of een vaste dag in de week te testen mis je een groep mensen die wellicht wel zouden kunnen participeren op een andere dag. Echter is het lastig om dit te realiseren omdat de onderzoekers naast het schrijven van dit onderzoek ook bezig zijn met een afstudeerstage wat de ruimte voor onderzoeksdagen beperkt.

Een sterk punt van de studie is dat de locatie en de ruimte ideale omstandigheden bieden om onderzoek te doen. Met deze stabiliteit in omgeving wordt de betrouwbaarheid van dit onderzoek verhoogd omdat participanten minder worden beïnvloed door externe variabelen als wisselende temperatuur en luchtvochtigheid. Daarnaast kunnen deze externe variabelen ook beïnvloed worden door de individuele airconditioning/verwarming van het HAAL. Een ander voordeel van de ruimte is dat alle meetinstrumenten in één ruimte aanwezig zijn wat ervoor heeft gezorgd dat alle metingen in een korter tijdsbestek uitgevoerd kan worden, met respect voor de rust die de participanten nodig hebben tussen de testen door.

CONCLUSIE

De resultaten uit dit onderzoek laten zien dat de maximale kracht invloed heeft op de prestaties bij de SRT. Naast een sterke significante correlatie tussen de WRpeak-srt en de maximale kracht, blijkt ook uit een multivariabele regressie met terugwerkende eliminatie dat de hoeveelheid spiermassa invloed heeft op de WRpeak-srt. Daarnaast blijkt ook de RERmax hier een significante invloed te hebben. Uit de resultaten blijkt namelijk dat participanten die instaat zijn om een hogere RERmax-srt te halen, een hogere WRpeak-srt halen en daarnaast grotere maximale kracht te hebben. Voor de vakgroep fysiotherapie lijkt dit te betekenen dat wanneer de maximale kracht van de patient getraind wordt,

hij/zij beter in staat is om de bloed homeostase te bewaren en daardoor meer energie kan produceren. Echter omdat er weinig evidentie beschikbaar is over dit specifieke onderwerp zal er meer onderzoek gedaan moeten worden om deze aanbeveling aan te sterken.

Literatuurlijst

1. Raghuveer G, Hartz J, Lubans DR, Takken T, Wiltz JL, Mietus-Snyder M, et al. Cardiorespiratory Fitness in Youth: An Important Marker of Health: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2020 Aug 18;142(7).
2. Al-Mallah MH, Sakr S, Al-Qunaibet A. Cardiorespiratory Fitness and Cardiovascular Disease Prevention: an Update. *Curr Atheroscler Rep*. 2018 Jan 16;20(1):1.
3. Ross R, Blair SN, Arena R, Church TS, Després JP, Franklin BA, et al. Importance of Assessing Cardiorespiratory Fitness in Clinical Practice: A Case for Fitness as a Clinical Vital Sign: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2016 Dec 13;134(24).
4. Lake SL, Guadagni V, Kendall KD, Chadder M, Anderson TJ, Leigh R, et al. Aerobic exercise training in older men and women—Cerebrovascular responses to submaximal exercise: Results from the Brain in Motion study. *Physiol Rep*. 2022;10(4).
5. Tran D. Cardiopulmonary Exercise Testing. In 2018. p. 285–95.
6. Weemaes ATR, Beelen M, Bongers BC, Weijenberg MP, Lenssen AF. Criterion Validity and Responsiveness of the Steep Ramp Test to Evaluate Aerobic Capacity in Survivors of Cancer Participating in a Supervised Exercise Rehabilitation Program. *Arch Phys Med Rehabil*. 2021;102(11).
7. Bongers BC, Werkman MS, Arets HGM, Takken T, Hulzebos HJ. A possible alternative exercise test for youths with cystic fibrosis: The steep ramp test. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;47(3).
8. de Backer IC, Schep G, Hoogeveen A, Vreugdenhil G, Kester AD, van Breda E. Exercise Testing and Training in a Cancer Rehabilitation Program: The Advantage of the Steep Ramp Test. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(5).
9. Werkman MS, Bongers BC, Blatter T, Takken T, Wittink H. Extended steep ramp test normative values for 19–24-year-old healthy active young adults. *Eur J Appl Physiol*. 2020;120(1).
10. Bongers BC, de Vries SI, Obeid J, van Buuren S, Helders PJM, Takken T. The steep ramp test in dutch white children and adolescents: Age- and sex-related normative values. *Phys Ther*. 2013;93(11).
11. Bongers BC, de Vries SI, Helders PJM, Takken T. The steep ramp test in healthy children and adolescents: Reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45(2).
12. Physiopedia contributors. Cycling Biomechanics. https://www.physio-pedia.com/index.php?title=Cycling_Biomechanics&oldid=289680. 2021.
13. Rønnestad BR, Hansen EA, Raastad T. Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol*. 2010 Mar 4;108(5):965–75.
14. Berryman N, Mujika I, Arvisais D, Roubex M, Binet C, Bosquet L. Strength Training for Middle- and Long-Distance Performance: A Meta-Analysis. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018 Jan 1;13(1):57–64.

15. Barrett-O'Keefe Z, Helgerud J, Wagner PD, Richardson RS. Maximal strength training and increased work efficiency: contribution from the trained muscle bed. *J Appl Physiol*. 2012 Dec 15;113(12):1846–51.
16. STROBE-checklist-v4-cross-sectional.
17. Morton AR. Exercise Physiology. *Pediatric Respiratory Medicine*. 2008;89–99.
18. Ormsbee M, Bach C, Baur D. Pre-Exercise Nutrition: The Role of Macronutrients, Modified Starches and Supplements on Metabolism and Endurance Performance. *Nutrients*. 2014 Apr 29;6(5):1782–808.
19. Meeusen R, van Cutsem J, Roelands B. Endurance exercise-induced and mental fatigue and the brain. *Exp Physiol*. 2021 Dec 20;106(12):2294–8.
20. McKinney J, Velghe J, Fee J, Isserow S, Drezner JA. Defining Athletes and Exercisers. *Am J Cardiol*. 2019 Feb;123(3):532–5.
21. Goodman JM, Thomas SG, Burr J. Evidence-based risk assessment and recommendations for exercise testing and physical activity clearance in apparently healthy individuals ¹ This paper is one of a selection of papers published in this Special Issue, entitled Evidence-based risk assessment and recommendations for physical activity clearance, and has undergone the Journal's usual peer review process. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2011 Jul;36(S1):S14–32.
22. PAR-Q Meetinstrumenten in de zorg toelichting. <https://meetinstrumentenzorg.nl/wp-content/uploads/instrumenten/PAR-Q-form.pdf>. 2017.
23. Wolfs CA, Dirksen CD, Kessels A, Willems DC, Verhey FR, Severens JL. Performance of the EQ-5D and the EQ-5D+C in elderly patients with cognitive impairments. *Health Qual Life Outcomes*. 2007 Dec 14;5(1):33.
24. Noyes J, Edwards RT. EQ-5D for the Assessment of Health-Related Quality of Life and Resource Allocation in Children: A Systematic Methodological Review. *Value in Health*. 2011 Dec;14(8):1117–29.
25. Wagenmakers R, Akker-Scheek I van den, Groothoff JW, Zijlstra W, Bulstra SK, Kootstra JW, et al. Reliability and validity of the short questionnaire to assess health-enhancing physical activity (SQUASH) in patients after total hip arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord*. 2008 Dec 17;9(1):141.
26. Nederlandse Norm Gezond Bewegen (NNGB). 2017.
27. Albouaini K, Egred M, Alahmar A, Wright DJ. Cardiopulmonary exercise testing and its application. *Postgrad Med J*. 2007 Nov 1;83(985):675–82.
28. Clarke CL, Witham MD. The Effects of Medication on Activity and Rehabilitation of Older People – Opportunities and Risks. *Rehabilitation Process and Outcome*. 2017 Jan 1;6:117957271771143.
29. Lavie CJ, Milani R v., Ventura HO. Obesity and Cardiovascular Disease. *J Am Coll Cardiol*. 2009 May;53(21):1925–32.
30. Soma-Pillay P, Nelson-Piercy C, Tolppanen H, Mebazaa A. Physiological changes in pregnancy. *Cardiovasc J Afr*. 2016 May 18;27(2):89–94.

31. Authors from UC Davis Sports Medicine. Bloeddruk afkappunt aanbeveling.
<https://health.ucdavis.edu/sports-medicine/resources/blood-pressure#:~:text=Systolic%20blood%20pressure%20can%20reach,pressure%20with%20increased%20workload%20occurs>.
32. Durnin JVGA, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 Years. *British Journal of Nutrition*. 1974 Jul 9;32(01):77–97.
33. Habets B, Staal JB, Tijssen M, van Cingel R. Intrarater reliability of the Humac NORM isokinetic dynamometer for strength measurements of the knee and shoulder muscles. *BMC Res Notes*. 2018 Jan 10;11(1):15.
34. Jeon S, Miller WM, Kang M, Ye X. The Minimum Number of Attempts for a Reliable Isometric Strength Test Score. *Journal of Science in Sport and Exercise*. 2020 Feb 10;2(1):89–95.
35. Baker JS, McCormick MC, Robergs RA. Interaction among Skeletal Muscle Metabolic Energy Systems during Intense Exercise. *J Nutr Metab*. 2010;2010:1–13.
36. Ramos-Jiménez A, Hernández-Torres RP, Torres-Durán P v., Romero-Gonzalez J, Mascher D, Posadas-Romero C, et al. The Respiratory Exchange Ratio is Associated with Fitness Indicators Both in Trained and Untrained Men: A Possible Application for People with Reduced Exercise Tolerance. *Clin Med Circ Respirat Pulm Med*. 2008 Jan 1;2:CCRPM.S449.
37. Krycer JR, Fisher-Wellman KH, Fazakerley DJ, Muoio DM, James DE. Bicarbonate alters cellular responses in respiration assays. *Biochem Biophys Res Commun*. 2017 Aug;489(4):399–403.
38. Harvard Health Publishing. What your heartrate is telling you.
<https://www.health.harvard.edu/heart-health/what-your-heart-rate-is-telling-you>. 2020.
39. Borg G. Borg's Perceived Exertion And Pain Scales. *Human Kinetics*. 1998.
40. Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, Sue DY, Wasserman K, Whipp BJ. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol*. 1983 Nov 1;55(5):1558–64.
41. Mishra P, Pandey C, Singh U, Gupta A, Sahu C, Keshri A. Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Ann Card Anaesth*. 2019;22(1):67.
42. Homeostasis [Internet]. Available from: <https://bio.libretexts.org/@go/page/6740>