

Afstudeeronderzoek

“Wat is de relatie tussen de maximale zuurstofopname ($\text{VO}_{2\text{max}}$ ml/kg/min) en de ventilatoire responstijd (sec) tijdens een maximale RAMP-fietsergometer test bij mannelijke amateur-wielrenners ?”



Naam: Danique van Lee

Studentnummer: 2223468

Fontys Sporthogeschool, Sport en
Bewegingseducatie (Sports & Wellnes)

Stageplek: SMC Sportmax, MMC
Veldhoven

Docent: Willem Gosens

Datum: 6-6-2016

Afstudeeronderzoek

Samenvatting

Fysiologische prestatiefactoren worden binnen de wielersport verbeterd door het creëren van de juiste impulsen door duur- en intervaltraining. De impulsen door duur- intervaltraining zijn afhankelijk van de trainingsintensiteit en trainingsbelasting, deze worden weergegeven in verschillende trainingszones op hartfrequentie en vermogen. De trainingszones in vermogen (Watt) worden bepaald op basis van het vermogen bij het Respiratoir Compensatie Punt (RCP; het omslagpunt van de aerobe naar anaerobe verbranding) en het maximale vermogen (Watt) gerelateerd aan het lichaamsgewicht. De ventilatoire responstijd is de vertragingreactie van de pulmonaire zuurstofopname bij acute intensiteit of bij het zwaarder worden van intensiteit en is daarmee bepalend voor het RCP (Ghosh, 2004; Hoogeveen & Keizer, 2003). Momenteel wordt de ventilatoire responstijd nog niet meegenomen in het bepalen van het RCP, waardoor het RCP met bijbehorend vermogen wordt overschat. Verwacht wordt dat de ventilatoire responstijd bij wielrenners met een hoge maximale zuurstofopname (VO_{2max} ml/kg/min) korter is dan bij wielrenners met een lage(re) maximale zuurstofopname (VO_{2max} ml/kg/min). Bij een hoge VO_{2max} (ml/kg/min) wordt namelijk meer zuurstof per liter bloed naar de werkende spieren getransporteerd, waardoor het lichaam de tijdelijke zuurstofschuld bij de start of bij het zwaarder worden van de inspanning sneller op peil kan krijgen (Garret & Kirkendall, 2000). Om de ventilatoire responstijd bij het RCP en de relatie tussen de ventilatoire responstijd en de VO_{2max} ml/kg/min te bepalen, is de volgende onderzoeksvraag opgesteld; 'Wat is de relatie tussen de maximale zuurstofopname (VO_{2max} ml/kg/min) en de ventilatoire responstijd (sec) tijdens een maximale RAMP-fietsergometertest bij mannelijke amateur-wielrenners?'.

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag is een testprotocol met drie testen gebruikt. Allereerst is de maximale RAMP- fietsergometer test gedaan om de VO_2 opname bij stijgend vermogen te analyseren. Zowel de VO_{2max} (ml/kg/min) als het RCP werd bepaald om later de ventilatoire responstijd vast te kunnen stellen. De ventilatoire responstijd werd vervolgens berekend met een submaximale inspanningstest als zijnde een blokprotocol op een vermogen van 70 procent van het RCP, waarbij de zuurstofopname vanuit stilstand naar acute inspanning werd geanalyseerd. Op basis van de gemeten ventilatoire responstijd (sec) werd het nieuwe RCP met bijbehorend vermogen bepaald. Tot slot werd een derde test gefietst om te controleren of de hartfrequentie bij het nieuwe vastgestelde RCP hetzelfde was. Hierin werd een steady state hartfrequentie gecreëerd binnen vijftien minuten.

Aan dit onderzoek hebben twaalf mannelijke amateurwielrenners deelgenomen (leeftijd $29,5 \pm 7,8$ jaar, lengte $184,25 \pm 7,31$ cm, VO_{2max} $4434,58 \pm 707,51$ ml/min, VO_{2max} $57,61 \pm 7,91$ ml/kg/min). De ventilatoire responstijd bedroeg gemiddeld $119 \pm 20,24$ seconde, gedurende een geïndividualiseerd blok met een gemiddeld vermogen van $234,92 \pm 35,7$ Watt (70 procent van het RCP). Op basis van de gemeten ventilatoire responstijd lag het exacte vermogen van het RCP minimaal 55 Watt eerder dan het vroeger vastgestelde RCP ($75,6 \pm 15,9$ Watt). Het gecorrigeerd vermogen op basis van de ventilatoire responstijd, liet geen grote verschillen in hartslagfrequentie zien. In dit onderzoek is geen relatie gevonden tussen de VO_{2max} ml/kg/min en de ventilatoire responstijd ($R=0,043$ en een p -waarde van $p=0.514$).

Op basis van het gecorrigeerd vermogen bij het RCP en bijbehorende hartslag, kunnen de trainingszones nog nauwkeuriger worden ingedeeld en is de sporter in staat om nog gericht te trainen op vermogen (Watt). In tegenstelling tot de verwachting is geen relatie gevonden tussen de VO_{2max} ml/kg/min en ventilatoire responstijd. Dit is mogelijk te verklaren door het geïndividualiseerde blokprotocol op een vermogen van 70 procent van het RCP, een blok dat gebaseerd is op de conditie van de testpersoon. Door het gebruik van dit blok is de individuele ventilatoire responstijd dat behoort bij het RCP bepaald. Met gebruik van een blok met vaste weerstandswaarde, zou op basis van de literatuur hoogstwaarschijnlijk wel een relatie tussen VO_{2max} ml/kg/min en ventilatoire responstijd (sec) aanwezig zijn. Verder onderzoek naar de relatie tussen de VO_{2max} ml/kg/min en de ventilatoire responstijd (sec) is noodzakelijk.

Trefwoorden: amateur-wielrenners, trainingszones, RCP, VO_{2max} ml/kg/min, ventilatoire responstijd (sec), maximale inspanningstest, vermogen.

Voorwoord

Mijn interesse voor de wielersport is de laatste jaren erg gegroeid. Ik ben al enkele jaren betrokken bij verschillende processen in het kader van amateur-wielrenners op mijn huidige werkplek. Zo ben ik onder andere actief met het maken van trainingsschema's op het gebied van kracht en core, het geven van voedingsadviezen rondom training en voeding en het geven van sportmassages. Het trainen op de juiste trainingsintensiteit en trainingsbelasting is noodzakelijk voor het creëren van een juiste trainingsimpuls. Voor het creëren van supercompensatie 'zichtbaar verbeterde trainingseffecten door de juiste trainingsimpulsen' is het belangrijk om het herstel na een training te bevorderen met behulp van de juiste voeding, rust en eventueel sportmassages. Om de juiste voeding rondom het herstel proces te kunnen adviseren, is het noodzakelijk om te weten met welke trainingsduur en trainingsintensiteit getraind is. De trainingsintensiteit wordt weergegeven in verschillende trainingszones op hartfrequentie of vermogen en is hiermee bepalend voor het substraat gebruik in het lichaam (vetten en/of koolhydraten). Met de stijgende populariteit van de vermogensmeters, wordt er momenteel veel meer gefietst op vermogen in plaats van op hartfrequentie. Mijn interesse voor de indeling van de trainingszones op vermogen werd steeds groter. Enkele vragen die mijn interesse wekten waren voornamelijk; "Hoe worden de trainingszones precies ingedeeld, wat zijn de effecten van het trainen op bepaalde trainingszones en hoe moeten de trainingen variëren om het gewenste trainingsdoel te bereiken?"

Gedurende mijn afstudeerstage ben ik in aanraking gekomen met SMC Sportmax. SMC Sportmax geeft op basis van sportkeuringen en fietsergometertesten trainingsadviezen op maat, zodat sporters het beste uit zichzelf kunnen halen op een bewuste en verantwoorde manier. De trainingsadviezen worden weergegeven in de individueel bepaalde trainingszones. Een onnauwkeurige indeling van de trainingszones, zorgt voor het trainen op een niet optimale trainingsintensiteit. SMC Sportmax innoveert door onderzoek te doen naar nieuwe trends in de wereld van sport en gezondheid, met een focus op het geven van trainingsadviezen op maat. De aanleiding van dit onderzoek is om nog gericht de waarden te karakteriseren die van toepassing zijn voor de indeling van de trainingsintensiteiten in trainingszones op zowel vermogen als hartfrequentie.

In het kader van mijn afstudeeronderzoek is dit onderzoeksrapport opgesteld waarin de volgende vraag centraal staat: *"Wat is de relatie tussen de maximale zuurstofopname ($\text{VO}_{2\text{max}}$ ml/min/kg) en de ventilatoire responstijd (sec) tijdens een maximale RAMP-fietsergometertest bij mannelijke-amateurwielrenners?"*

Graag wil ik een drietal personen bedanken. Allereerst wil ik Martijn van Hooff en Joep van Kesteren, de bewegingswetenschappers van SMC Sportmax, bedanken voor de ondersteuning van dit onderzoek. Door hun expertise, ervaring en vrije tijd hebben ze dit onderzoek mede in goede banen weten te leiden. Daarnaast wil ik mijn scriptiebegeleider Willem Gosens vanuit de Fontys Sporthogeschool bedanken voor zijn hoge betrokkenheid en gerichte feedback gedurende het onderzoek. Met zijn enorme kennis over onderwerp, stond hij altijd voor me klaar en gaf feedback wanneer ik er om vroeg. Ook wil ik Lex Houweling, mijn scriptiebegeleider, bedanken voor de ondersteuning gedurende dit onderzoek. Tot slot wil ik graag alle testpersonen bedanken die mee hebben gewerkt aan dit onderzoek.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	5
Inleiding	6
Literatuurstudie	8
Methode	16
Resultaten	23
Discussie	26
Conclusie en aanbevelingen	31
Bronnenlijst	34
Bijlagenoverzicht	38
Bijlage 1: Medisch Ethische Toetsingscommissie (METC)	39
Bijlage 2: Cliënten informatiebrief	43
Bijlage 3: Informed Consent	46
Bijlage 4: Informatie brief bij de keuring	47
Bijlage 5: Test protocol	49
Bijlage 6: Lausanne protocol	54
Bijlage 7: Operationalisatie schema	57

Inleiding

Wielrennen is een populaire sport. Buiten de verschillende categorieën off-road en BMX, is wielrennen de meest voorkomende wielersport (Menaspá, Rampinini, Bosio, Carlomagno, Riggio, & Sassi, 2012). Wielrennen op de weg is een sport waarin de prestatie wordt beïnvloed door veel verschillende factoren, waaronder fysiologische, psychologische, technische, tactische en meteorologische factoren zoals de weeromstandigheden (Menaspá, Rampinini, Bosio, Carlomagno, Riggio, & Sassi, 2012). Vanuit verschillende oogpunten zijn fietsprestaties vooral gebaseerd op de fysiologische factoren, waarbij de aerobe conditie een grote rol speelt (Coycle, Coggan, Hopper, & Walters, 1988). Om de fysiologische factoren te verbeteren, is het belangrijk om een goede trainingsimpuls te creëren op basis van de juiste trainingsintensiteit en trainingsbelasting (Menaspá, Rampinini, Bosio, Carlomagno, Riggio, & Sassi, 2012). Het bepalen van de trainingsintensiteit en belasting bij wielrenners wordt gedaan door een weergave in verschillende trainingzones, uitgedrukt in hartfrequentie en tegenwoordig ook in vermogen (Verhagen, 2012). Met een toenemende markt in vermogensmeters bij wielrenners zijn nauwkeurige testgegevens van vermogens nodig. De trainingzones bij het fietsen op vermogenmeters worden namelijk bepaald op basis van het vermogen bij het respiratoire compensatie punt (RCP) en het maximale vermogen (Watt) gerelateerd aan de gewichtsverhouding (Watt/kg) (Faria & Parker, 2005). Het RCP is het omslagpunt van de aerobe naar de anaerobe verbranding tijdens inspanning en wordt ook wel de maximale lactaat steady state genoemd. Het is de lactaat accumulatie zone waarbij de productie van lactaat de maximale verwijderingsnelheid overschrijdt (Schmitz, 2008). Hierbij stijgt de lactaat concentratie in het bloed steeds verder en is spiervermoeidheid onvermijdelijk (Schmitz, 2008). Het RCP en andere fysiologische factoren zijn onder andere te bepalen met behulp van een maximale inspanningstest volgens het RAMP-protocol op een fietsergometer, inclusief ademgasanalyse.

Uit eerder onderzoek van Hoozevee en Keizer (2003) is geconcludeerd dat er een 'delay' zit in het karakteriseren van het RCP. In het lichaam is een vertragingstijd van de pulmonale zuurstofopname op acute inspanning aanwezig. Deze vertragingstijd noemt men de 'ventilatoire responstijd' en kan berekend worden door middel van een submaximale inspanningstest als zijnde een blokprotocol (Hoozevee & Keizer, 2003). Momenteel wordt de ventilatoire responstijd nog niet meegerekend bij het vaststellen van het vermogen bij het RCP. Dit leidt ertoe, dat het vermogen bij het RCP overschat wordt en de trainingsintensiteiten van de trainingzones niet optimaal zijn. Met als gevolg dat de trainingsintensiteit en belasting geen optimale impuls kunnen creëren. Het RCP kan nog nauwkeuriger bepaald worden door de ventilatoire responstijd mee te rekenen.

Wielrenners zijn gefocust op het creëren van trainingseffecten zoals een hogere VO_{2max} , het verschuiven van de waarden bij het RCP (zoals het vermogen), lactaatwaarden en het substraatgebruik. De VO_{2max} , zogenoemd het maximale cardiorespiratoire uithoudingsvermogen wordt gedefinieerd als de hoogst haalbare zuurstofopname tijdens maximale of uitputtende arbeid (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). De toename van de VO_{2max} is een goede maat voor het aantonen van een trainingseffect en een goede maat voor het voorspellen van prestaties (Basset, David, Edward, & Howley, 2000; Coycle, Coggan, Hopper, & Walters, 1988). Om de effecten van training op de VO_{2max} te bepalen, is er een herhaalbare meting nodig om te analyseren of fysiologische aanpassingen optreden tijdens een trainingsprogramma.

Door regelmatige (dagelijkse, om de dag) cardio-respiratoire training ontstaan er fysiologische aanpassingen in de spieren waaronder een efficiënter transport en gebruik van zuurstof/brandstoffen en een effectievere bloedstroom naar de spieren door het cardiovasculaire systeem (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008).

Uit onderzoek van Garret en Kirkendall (2000) blijkt dat hoe groter de VO_{2max} van een individu, des te beter het zuurstoftransport verloopt bij een zwaardere/grotere inspanning. Verwacht wordt dat de ventilatoire responstijd van een individu afhankelijk is van de hoogte van de VO_{2max} ml/kg/min. In deze studie wordt onderzocht of de VO_{2max} bepalend is voor de ventilatoire responstijd (sec) bij het RCP.

Dit leidt tot de volgende onderzoeksvraag:

“Wat is de relatie tussen de maximale zuurstofopname (VO_{2max} ml/kg/min) en de ventilatoire responstijd (sec) tijdens een maximale RAMP-fietsergometertest bij mannelijke amateur-wielrenners?”

De hypothese van dit onderzoek is dat een wielrenner met een hoge VO_{2max} ml/kg/min zijn ademhaling/zuurstofopname gemakkelijker kan aanpassen aan een veranderend inspanningsniveau, dan iemand met een lage VO_{2max} ml/kg/min. Dit zou betekenen dat de ventilatoire responstijd bij wielrenners met een hoge VO_{2max} ml/kg/min korter is dan bij wielrenners met een lagere VO_{2max} ml/kg/min.

De doelstelling van dit onderzoek luidt als volgt;

Na het uitvoeren van dit onderzoek kan door middel van een ademgasanalyse de ventilatoire responstijd van het ademhalingssysteem bij oplopend vermogen bepaald worden, gedurende de ergometer maximale fietstest volgens het RAMP-protocol bij mannelijke amateur-wielrenners.

Na het uitvoeren van dit onderzoek kan worden uitgesloten of de ventilatoire responstijd (sec) tijdens een ergometer maximale fietstest volgens het RAMP-protocol bij mannelijke amateur-wielrenners een relatie heeft met de VO_{2max} ml/kg/min.

Leeswijzer:

Het onderzoeksrapport is verdeeld in zes hoofdstukken. Het eerste hoofdstuk is de inleiding van het huidige onderzoek. Het tweede hoofdstuk betreft een literatuurstudie waarin de wetenschap over het onderzoeksonderwerp besproken wordt. Het derde hoofdstuk schetst de methode die toegepast is binnen dit onderzoek. In hoofdstuk vier worden de resultaten van het onderzoek weergegeven. In hoofdstuk vijf wordt met een kritische blik gekeken naar de opzet van het onderzoek en worden er conclusies getrokken. Tenslotte wordt in hoofdstuk zes een antwoord op de onderzoeksvraag gegeven en komen diverse aanbevelingen voor verder onderzoek en voor in de praktijk naar voren.

Literatuurstudie

1. SMC Sportmax

SMC SportMax helpt (top)sporters het beste uit zichzelf te halen op een bewuste en verantwoorde manier, door de krachtige combinatie van (sport)medische en wetenschappelijke expertise op het gebied van bewegen en gezondheid. Daarnaast is de organisatie actief in het onderzoeken van de nieuwe trends en ontwikkelingen in de wereld van sport en gezondheid (SMC Sportmax, 2016).

SMC Sportmax is actief in het uitvoeren van (sport) keuringen, fietspositie metingen en inspanningstesten op een fietsergometer. Het Cycling Performance Centre (CPC) is een nieuwe specialisatie binnen SMC Sportmax. Dit is een expertisecentrum voor de wielersport met een multidisciplinaire samenwerking: Medical, Performance en Fieldlab. Met de sportmedische en wetenschappelijke achtergrond innoveert SMC Sportmax door onderzoek te doen naar de nieuwe trends en ontwikkelingen in de wereld van sport en gezondheid, gefocust op de wielersport (SMC Sportmax, 2016). De mate waarin de wielrenners het eigen lichaam kennen, is bepalend voor met de mate waarin het lichaam belast kan worden.

2. De wielersport

Wielrennen valt onder de categorie duursport en is de meest voorkomende in de wielersport (Menaspá, Rampinini, Bosio, Carlomagno, Riggio, & Sassi, 2012). Duursport is een verzamelbegrip voor langdurig achtereen sporten waarbij het duuruithoudingsvermogen van de sporter cruciaal is (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Het duuruithoudingsvermogen onderscheidt zich in het cardiorespiratoire uithoudingsvermogen en spieruithoudingsvermogen. Dit is afhankelijk van de ontwikkeling van de hoeveelheid zuurstof die het cardiovasculaire en respiratoire systeem naar de werkende spieren kunnen vervoeren tijdens inspanning. Verbeteringen in het cardiorespiratoire uithoudingsvermogen zijn meetbaar door regelmatige aerobe duurtraining. Aerobe duurtraining verbetert de centrale en perifere doorbloeding (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Deze doorbloeding ontstaat door een hoger plasmavolume met in verhouding meer rode bloedcellen. Daarnaast wordt een groter deel van het hartminuutvolume naar de actieve spieren geleid (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Als gevolg van jaren aerobe duurtraining ondergaat de hartspier (linkerventrikel) hypertrofie (een sporthart genoemd) en wordt het slagvolume vergroot en de hartfrequentie in rust verlaagd (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Het spieruithoudingsvermogen verandert doordat de spier een grotere weerstand tegen vermoeidheid creëert. Veel aerobe duurtraining zorgt namelijk voor een verhoogd vermogen om ATP te genereren en een verschuiving van substraatgebruik van de oxidatie van koolhydraten naar zo veel mogelijk vetten (Joseph, Pilegaard, Litvintsey, Leick, & Hood, 2006). Het maximale cardiorespiratoire uithoudingsvermogen wordt weergegeven als de maximale zuurstofopname (VO_{2max} ml/kg/min). Dit is de maximale capaciteit om zuurstof te leveren aan het lichaam en is algemeen erkend als de belangrijkste fysiologische parameter in het uithoudingsvermogen.

Om aanpassingen in prestaties van wielrenners te beoordelen en te voorspellen worden verschillende fysiologische parameters gebruikt. Enkele parameters zijn: de VO_{2max} ml/kg/min, het maximale vermogen, lactaatwaarden en omslagpunten met bijbehorend vermogen (Schmitz, 2008). Om deze fysiologische parameters en aanverwante parameters te kunnen meten bestaan

verschillende maximale inspanningstesten. Echter worden wel kritische kanttekeningen gemaakt bij de betrouwbaarheid en de waarde van maximale inspanningstesten (Midgley, McNaughton, Polman, & Marchant, 2007). Veelgebruikte testmogelijkheden zijn testen op loopbanden, fietsergometers en sportspecifieke testen zoals veldtesten en wandeltesten (American college of Sports Medicine, 2013). Testen op fietsergometers is de basis en tevens de meest gebruikte vorm van testen (Paton & Hopkins, 2002). SMC Sportmax is actief met het afnemen van verschillende maximale testen op de fietsergometer.

3. Testen en meten

Het gestandaardiseerd testprotocol dat SMC Sportmax bij een maximale inspanningstest op de fietsergometer gebruikt is het RAMP-protocol. Uit onderzoek blijkt dat het RAMP-protocol een minder grote cardiopulmonale belasting geeft dan het traditionele protocol, waarbij het langer duurt voordat de testpersoon zijn maximale inspanning behaalt (Werkman, Takken, Brussel, & Hulzebos, 2011). Het RAMP-protocol is een stapsgewijs oplopend protocol, waarbij de belasting (Watt) per individu stapsgewijs wordt opgevoerd, zodat de testpersoon tussen de acht en twaalf minuten zijn maximale inspanning behaalt (Werkman, Takken, Brussel, & Hulzebos, 2011; American Thoracic Society/American College of Chest Physicians, 2003). De individuele maximale belasting (Watt) wordt geschat op basis van gewicht (vijf a zes keer het lichaamsgewicht) en lichamelijke fitheid, weergegeven in het gekozen RAMP-protocol. Onderzoek van Paap en Takken (2014) geeft weer dat er geen referentiewaarden zijn om de maximale belasting te bepalen vanwege een diversiteit aan populatie kenmerken en de invloed van andere factoren.

De VO_{2max} wordt met behulp van dit RAMP-protocol bepaald (American college of Sports Medicine, 2013). De literatuur beveelt voor het meten van de VO_{2max} een lengte van ongeveer tien tot twaalf minuten aan. Deze aanbeveling is te wijten aan het bewijs van een mogelijke onderschatting van VO_{2max} waarden bij het gebruik van protocollen van kortere of langere duur (Miyagi, Malta, & Zagatoo, 2015).

De maximale inspanningstest volgens het RAMP-protocol bestaat uit verschillende fasen. De beginfase van de test bestaat uit het warmfietsen op een relatief lage belasting, tien procent van het verwachte maximale vermogen. Daarna wordt het vermogen (Watt) individueel afhankelijk stapsgewijs opgevoerd, waarbij het de bedoeling is zo lang mogelijk (en tot het uiterste) te blijven doorfietsen met een vooraf bepaalde trapfrequentie (70-100 omwentelingen/min) (Verhagen, 2012). De test wordt beëindigd als de testpersoon niet in staat is om de gewenste voorkeur trapfrequentie te bereiken. Het maximale vermogen wordt gedefinieerd als het laatst geregistreerd vermogen.

Een belangrijke beperking van de maximale inspanningstest op de fietsergometer volgens het RAMP-protocol is het ongemak en de vermoeidheid van de quadriceps spieren. Dit kan er voor zorgen dat de test gestopt moet worden voor het bereiken van een echte VO_{2max} ml/kg/min (Fletcher, et al., 2001). Er zijn diverse voordelen met betrekking tot de maximale RAMP-fietsergometertest. Ten eerste is het een geïndividualiseerde test, waarbij het bovenlichaam redelijk stabiel blijft. Hierdoor is het gemakkelijk om bloeddrukmetingen en ECG analyses te kunnen voortzetten (Fletcher, et al., 2001). Ten tweede zijn er voordelen aan het voorspellen van de VO_{2max} door de stapsgewijze opbouw (in vermogen) en een constant tempo (Myers & Bellin, 2000).

Door de stapsgewijze opbouw van het vermogen zorgt de zuurstofopname voor een zichtbare lineaire zuurstofopname (Zoładź & Korzeniewski, 2001; Fletcher, et al., 2001). Dit betekent dat de belasting en de zuurstofopname gelijkmatig stijgen.

De maximale zuurstofopname

De maximale zuurstofopname (VO_{2max}) is de maximale capaciteit om zuurstof te leveren aan weefsels in het lichaam tijdens maximale of uitputtende inspanning (Bassett, David, Edward, & Howley, 2000). Bij inspanning stijgt de zuurstofopname (VO_2) met een maat van tien tot twintig ten opzichte van de rustsituatie (Noakes, 2008). De VO_{2max} is de bovengrens van het maximale cardiorespiratoire uithoudingsvermogen dat bekend staat als de capaciteit van de skeletspieren om bij een hoge belasting zuurstof te gebruiken voor een langere periode (Mitchell & Blomqvist, 2000). Dit wordt door bewegingswetenschappers gezien als de beste objectieve laboratoriumwaarde van het maximale cardiorespiratoire uithoudingsvermogen van een individu (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008).

De VO_{2max} wordt over het algemeen gerelateerd aan lichaamsgewicht en wordt uitgedrukt in milliliters zuurstofopname per kilogram lichaamsgewicht per minuut (ml/kg/min) (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Door deze uitkomstmaat is het gemakkelijker om waarden te vergelijken tussen individuen. Naast het gewicht wordt de VO_{2max} bepaald door leeftijd, geslacht, erfelijkheid, hoeveelheid lichaamsbeweging en de cardiovasculaire toestand (Fletcher, et al., 2001). Mannen bereiken de fase met de hoogste VO_{2max} tussen 17-21 jaar (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Naar mate de leeftijd vordert, nemen de maximumwaarden van de VO_{2max} geleidelijk af met gemiddeld acht tot tien procent per tien jaar. De VO_{2max} ligt bij vrouwen lager. Dit is te wijten aan hun beperkte spiermassa, lager bloedvolume (hemoglobine) en een lager slagvolume in vergelijking tot mannen (Fletcher, et al., 2001).

Gebaseerd op de wetenschappelijke literatuur, is een toename van de VO_{2max} een goede maat voor het voorspellen van prestaties en is tevens de meest gebruikte methode voor het aantonen van een trainingseffect (Bassett, David, Edward, & Howley, 2000; Coyle, Coggan, Hopper, & Walters, 1988). Hoe hoger de VO_{2max} van een individu, des te beter het zuurstoftransport verloopt bij een zwaardere inspanning. Het verbeterde zuurstoftransport komt door een toename in bloedtoevoer en de hoeveelheid zuurstof per liter bloed dat naar de werkende spieren wordt vervoerd (Garret & Kirkendall, 2000). Een verhoogde VO_{2max} is te wijten aan een toename van het hartminuutvolume (HMV), bloedvolume (toename plasmavolume en aantal rode bloedcellen), de vergrote mogelijkheden van zuurstofopname door zowel het ademhalingssysteem als de actieve spieren (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). De maximale hartfrequentie stijgt niet door training, waardoor een groter HMV bij getrainde individuen komt door een groter slagvolume (Noakes, 2008).

De VO_{2max} blijkt echter niet altijd een goede parameter te zijn voor het voorspellen van duurprestaties bij sporters in het algemeen. Er wordt namelijk erkend dat individuen met een soortgelijke VO_{2max} wel kunnen verschillen in prestaties (Schmitz, 2008). Deze verschillen in prestaties zijn tijdens inspanning op hoge intensiteiten te wijten aan de mate van lactaatproductie en de lactaat verwijdering in de spieren (Coyle, Coggan, Hopper, & Walters, 1988).

De volgende variabelen zijn nodig om de VO_{2max} te bepalen, onder andere de zuurstofopname (VO_2) per minuut en het volume geproduceerde koolstofdioxide (VCO_2) per minuut. Dit is gebaseerd op het volume en het percentage zuurstof in de ingeademde en uitgeademde lucht (ventilatie), het percentage CO_2 in de ingeademde lucht en het percentage CO_2 in de uitgeademde lucht (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Dit wordt met behulp van een ademgasanalyse gemeten. De vraag naar zuurstof in werkende spieren wordt hoger, waardoor de ademhaling (ventilatie) automatisch toe neemt. Via de longen, bloedvaten, spieren en het hart wordt het gehele lichaam van zuurstof voorzien (Takken, Brussel, & Hulzebos, 2008). De zuurstoftransportcapaciteit van het lichaam kan echter beperkt worden door het niveau van de ademhaling (ventilatie). Naast VO_{2max} en het ademhalingspatroon lijken ook andere parameters zeer gunstig te zijn in het beoordelen en voorspellen van het cardiorespiratoire uithoudingsvermogen. Belangrijke parameters zijn bloedlactaat waarden en het vermogen, waaronder het vermogen tijdens de ventilatoire drempels (Schmitz, 2008).

Het vermogen

Het vermogen wordt gedurende de maximale RAMP-fietsergometertest stapsgewijs verhoogd. Het vermogen wordt uitgedrukt in de eenheid Watt (W) en is de hoeveelheid arbeid per tijdseenheid (de Morree, Jongert, & van der Poel, 2011). Tijdens de maximale inspanningstest kan het vermogen tot een bepaalde grens verdragen worden (Takken, Brussel, & Hulzebos, 2008). Deze grens is individueel afhankelijk en wordt bepaald door lichamelijke factoren. Gemiddeld ligt deze grens bij een maximale ergometer fietstest rond de 250 watt (de Morree, Jongert, & van der Poel, 2011).

Het wordt algemeen aangenomen dat de zuurstofopname (VO_2) tijdens oplopende belasting lineair toeneemt met het vermogen tot het bereiken van de VO_{2max} (Zoładź & Korzeniewski, 2001; Fletcher et al., 2001). Zodra het vermogen zwaarder begint wordt en de ventilatie plotseling snel toeneemt, verdwijnt de zichtbare lineaire toename. Dit is het wisselpunt van de VO_2 , het zogenoemde omslagpunt (Fletcher et al., 2001). De zuurstofopname zal uiteindelijk een top bereiken en zelfs iets dalen bij een verdere stijging in intensiteit. Dit betekent dat de VO_{2max} is bereikt (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). De belangrijkste beperkende factor voor het bereiken van de VO_{2max} , is het vermogen van het cardiorespiratoire systeem om zuurstof aan de spieren te voorzien. Dit wordt bepaald door het hartminuutvolume (Basset, David, Edward, & Howley, 2001; Wilmore, Costil, & Kenny, 2008; Noatak, 2008). Het slagvolume stijgt slechts tot een bepaald niveau, waardoor de zuurstofopname (VO_2) opname direct wordt gerelateerd aan de hartslag (Fletcher, et al., 2001). Wanneer het cardiorespiratoire systeem niet meer in staat is om alle spieren van voldoende zuurstof te voorzien, ontstaan er zuurstoftekorten in de spieren. Dit zorgt voor een verhoogde lactaatproductie in de spieren (Katz & Sahlin, 1988). Het lactaat hoopt zich op bij ongeveer 50-70 procent van de maximale zuurstofopname en wordt gedefinieerd als een omslagpunt (Katz & Sahlin, 1988).

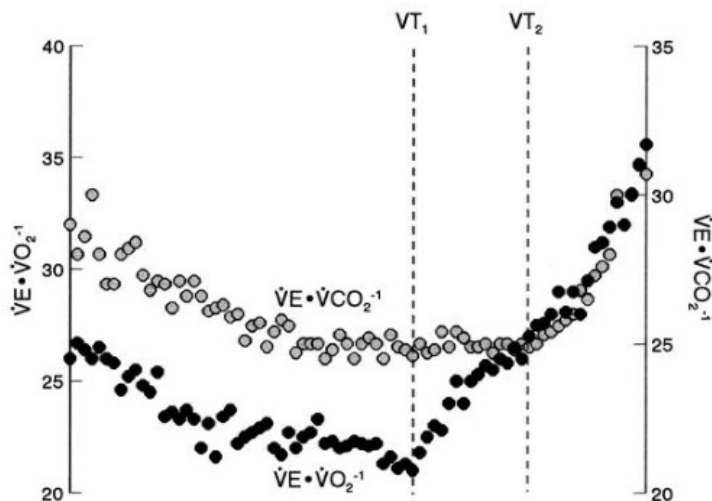
4. De ventilatoire drempels

Tijdens de RAMP-fietsergometer test zijn er verschillende veranderingen die door de ademgasanalyse in grafieken zichtbaar zijn, waaronder de omslagpunten. Deze omslagpunten zijn vernoemd naar de eerste ventilatoire drempel en de tweede ventilatoire drempel volgens onderzoek van Chicharro, Hoyos en Lucia (2000) (Figuur 1). De eerste zichtbare drempel is de eerste ventilatoire drempel (VT1), ook wel de aerobe drempel (AT) genoemd. Het lichaam heeft nog voldoende zuurstof tot zijn beschikking. De tweede zichtbare drempel (VT2) is de tweede ventilatoire drempel, ook wel het Respiratoire Compensatie Punt (RCP) genoemd (Schmitz, 2008; Chicharro, Hoyos, & Lucia, 2000). In het lichaam is niet meer voldoende zuurstof aanwezig waardoor het lichaam dat functioneert op koolhydraten, veel lactaat gaat vormen.

Beide drempels worden bepaald op basis van de verhouding ventilatie (ademminuutvolume) tussen zuurstofopname (VO_2) en koolstofdioxide afgifte (VCO_2) (Chicharro, Hoyos, & Lucia, 2000). Hiervoor gebruikt men twee verschillende methoden, onder andere de ventilatoire equivalent-methode en de V-slope methode. Bij de ventilatoire equivalent-methode wordt de eqVO_2 berekend door het ademminuut volume te delen door de VO_2 (zuurstofopname). De eqVCO_2 wordt berekend door het ademminuut volume te delen door de VCO_2 (koolstofdioxide productie) (Chicharro, Hoyos, & Lucia, 2000; Schmitz, 2008). De V-slope methode wordt extra gebruikt om de eerste ventilatoire drempel (AT) te bepalen (Beaver, Wasserman, & Whipp, 1985). Dit wordt gedaan door de zuurstofopname (VO_2) en koolstofdioxide (VCO_2) afgifte tegen elkaar uit te zetten (Schneider, Phillips, & Stoffolano, 1993).

De eerste ventilatoire drempel (AT) wordt bepaald op het moment dat de eqVO_2 (zuurstofopname) stijgt en het eqVCO_2 (koolstofdioxide afgifte) gelijk blijft (Figuur 1, VT₁). Het lichaam gaat ondertussen langzaam lactaat vormen. Dan vindt een stijging van het ademminuutvolume (AMV) plaats, wat zorgt voor een toename in de zuurstofopname (eqVO_2) (Schmitz, 2008). De hoeveelheid lactaat die geproduceerd wordt, ligt dan rond de 2 mmol (1 mmol boven de rustwaarde) en kan door het lichaam nog makkelijk verwerkt worden.

Bij inspanning boven de eerste ventilatoire drempel (AT) stijgt de VCO_2 output sneller, omdat de verhoogde lactaatproductie zorgt voor verhoogde CO_2 productie. Op dit punt wordt er meer lactaat geproduceerd dan het lichaam kan verwerken, omdat de zuurstofopname in de cellen van de spieren tekort schiet. Dit wordt de lactaat accumulatie zone genoemd waarin spierversmoeidheid onvermijdelijk is (Schmitz, 2008). De lactaatwaardes van het bloed kunnen oplopen tot 4 mmol (Schmitz, 2008). De tweede ventilatoire drempel (RCP) wordt bepaald door een stijgend eqVCO_2 (koolstofdioxide output) (Figuur 1, VT₂) (Chicharro, Hoyos, & Lucia, 2000; Schmitz, 2008). Dit komt doordat de ventilatie gedeeld wordt door het VCO_2 . Om deze reden wordt het RCP herkend aan hyperventilatie als een reactie op de toenemende pH balans door de hoeveelheid lactaat in de spieren. De ventilatie (VE) stijgt hierdoor aanzienlijk meer dan de VCO_2 .



Figuur 1 Het bepalen van de ventilatoire drempels (VT1 en VT2) door het gebruik van de ventilatoire equivalent methode.

Overgenomen uit British Journal of Sports Medicine (p. 450) door J.L. Chicharro, J. Hoyos en A. Lucia, 2000.

De ventilatoire drempels (AT en RCP) zijn belangrijke parameters voor het bepalen van de trainingsbelasting.

Trainingszones

De trainingsbelasting bij wielrenners wordt weergegeven in verschillende trainingszones die bepaald zijn op basis van maximale waarden of drempelwaarden. Dit betreffen maximale waarden van de maximale hartslag, maximale zuurstofopname ($\dot{V}O_2$), drempelwaarden van het AT of RCP en lactaat waarden op basis van 2 en 4 mmol (Verhagen, 2012; Smit, 2011). Op basis van deze maximale of drempelwaarden worden vaak vijf of meer trainingszones vastgesteld. Enkele trainingszones zijn; herstelzone (H), duurtraining extensief (D1), duurtraining intensief (D2), omslagpunttraining (D3), weerstand/tempo/interval training (W) (Allen & Coggan, 2010).

De trainingsintensiteiten worden in de regel vaker weergegeven in hartfrequentie en/of vermogen (Watt), omdat dit makkelijk meetbaar is met een hartslagmeter en een vermogensmeter op de fiets. De indeling van de trainingszones is belangrijk voor het bepalen van de juiste trainingsintensiteit en trainingsbelasting om vervolgens een goede trainingsimpuls te kunnen creëren (Menaspá, Rampinini, Bosio, Carlomagno, Riggio, & Sassi, 2012). Een goede trainingsimpuls zorgt voor zichtbare effecten in cardiovasculair, respiratoir en spierniveau. De effecten zijn afhankelijk van het trainen in de specifieke trainingszones.

De trainingszone net onder het AT zorgt voor een actieve vetverbranding en een tragere uitputting van spierglycogeen reserves dan trainingen boven dat niveau. Bij trainen op een hoger niveau ontstaat een verhoging van bloedlactaat concentraties, waardoor de vetverbranding wordt geremd en spieren gedwongen worden om koolhydraten te gebruiken (Ghosh, 2004). De spierreserves raken hierdoor eerder uitgeput. De trainingszone op of iets boven het AT zorgt voor veranderingen in de spiervezelverhouding, capillarisatie (vorming kleine bloedvaatjes), substraatgebruik, zuurstofopname

capaciteit, lactaatverwijdering (Ghosh, 2004). Hierdoor kan een toename in intensiteit van inspanning langer aeroob worden volgehouden.

De trainingszone bij AT niveau is daarentegen geschikter voor duursporters (Ghosh, 2004). Dit komt doordat het AT een betere indicator is van het aerobe uithoudingsvermogen dan de VO_{2max} (Ghosh, 2004). Het AT kan namelijk verschuiven door fysiologische aanpassingen, zonder zichtbare veranderingen in de VO_{2max} . Enkele onderzoeken bewijzen dat 80 procent van de trainingen besteed moet worden aan langzame duurtraining op AT niveau (onder de lactaatsdrempel). Dit zorgt voor het verbeteren van het cardiorespiratoire uithoudingsvermogen en aanpassingen op spierniveau (Seiler & Tønnessen, 2009). Maar 20 procent van de trainingen moet worden besteed aan intensieve duurtraining, op RCP niveau. Echter lieten Hoogeveen en Keizer (2003) al zien dat het respiratoire compensatie punt (RCP) wordt overschat vanwege een vertragingstijd in het lichaam.

5. Delay in karakteristieken

Zodra wordt gestart met inspanning neemt de zuurstofbehoefte van de spieren toe. Veranderingen in H_{mv} en ventilatie zorgen voor een toename van de doorbloeding, zuurstofopname en zuurstofafgifte in de spieren (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Het lichaam heeft tijd nodig om deze acute veranderingen voort te zetten. Dit kenmerkt de vertragingreactie van de pulmonaire zuurstofopname, de zogenoemde 'ventilatoire responstijd'. Volgens Hoogeveen en Keizer (2003) is dit de vertragingstijd van het ademhalingsstelsel op acute inspanning naar mate het zwaarder worden van het vermogen.

Door de toename in de zuurstofbehoefte van de spieren, ontstaat een tijdelijke zuurstofschuld met als gevolg dat het lichaam signalen door stuurt naar de hersenen. Er ontstaan tijdelijke reactie componenten in het lichaam. De toename van intensiteit zorgt ervoor dat de fysiologische behoefte naar VO_2 toeneemt. De ventilatie (ademhaling) wordt gestimuleerd en het longvolume en de VO_2 in het lichaam wordt verhoogd (Xu & Rhodes, 1999). Dit ontstaat door de verhoogde pulmonale bloedstroom als gevolg van het H_{mv}, verwijdde bloedvaten, opening van arteriolen en precapillaire kringspieren en een activering van de fast-twitch vezels (Grassi, Poole, Richardson, Knight, Erickson, & Wagner, 1996; Muritala, 2014).

In eerder onderzoek (Hoogeveen, 2001) in twee afzonderlijke laboratoria is een uitzonderlijke VO_2 overshoot bij aanvang van een constante belasting bij goedgetrainde wielrenners geconstateerd. Een VO_2 overshoot is een zeer snelle zuurstof toename, tijdens de eerste ademhalingen bij beginnende inspanning. Dit wordt veroorzaakt door aanpassingen in ademhaling, hartfrequentie, circulatie en spieren om vroege zuurstoftekorten in het lichaam te voorkomen. De spierdoorstroming is een goede mogelijkheid om het overshoot verschijnsel te verklaren (Hoogeveen, 2001; Hoogeveen & Keizer, 2003).

In een vervolg onderzoek (Hoogeveen & Keizer, 2003) ondergingen vijftien mannelijke elite wielrenners (leeftijd $26,3 \pm 3,3$ jaar, lengte $180,7 \pm 5,3$ cm, body mass $72,5 \pm 3,6$ kg) een constante inspanningstest (250 Watt) op een fietsergometer. Ventilatie en gasuitwisseling werden geanalyseerd middels een ademgasanalyse. De gegevens werden gemeten en geanalyseerd volgens een 6^e graads vergelijking). Het protocol bestond uit een warming-up van vijf minuten. Na de warming-up volgde een rustperiode van twee minuten waarbij de proefpersoon niet mocht trappen. Na de rustperiode werd het wattage verhoogd naar 250 Watt. Dit werd vijf minuten volgehouden,

waarbij de proefpersoon de snelheid zo constant mogelijk moest houden tussen de 80 en 100 RPM. Hierna werd het wattage weer verlaagd. Uit het onderzoek van Hoogeveen en Keizer (2003) bleek dat de gemiddelde maximale VO_2 overshoot of te wel de vertragingstijd, was bereikt na $76,9 \pm 13,0$ seconde na het begin van de test. Dit betekent dat het lichaam na $76,9 \pm 13,0$ seconde reageert op de inspanning.

Momenteel wordt bij het bepalen van het AT en het RCP geen rekening gehouden met de ventilatoire responstijd van het lichaam. Volgens eerder onderzoek is de ventilatoire responstijd wel een belangrijk fenomeen voor het bepalen van het RCP, en wordt mogelijk zowel het AT als het RCP overschat (Ghosh, 2004).

6. Conclusie literatuuronderzoek

In de literatuurstudie komt naar voren dat de prestaties van wielrenners te voorspellen en te beoordelen zijn op basis van verschillende fysiologische parameters, waaronder de maximale zuurstofopname (VO_{2max}) en het vermogen bij het AT en het RCP.

De VO_{2max} wordt gezien als beste objectieve waarde van het maximale cardiorespiratoir uithoudingsvermogen en wordt gemeten middels een maximale RAMP-fietsergometertest, inclusief ademgasanalyse (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Hoe groter de VO_{2max} , des te beter het zuurstoftransport verloopt.

De intensiteiten van de trainingszones van wielrenners zijn gebaseerd op het vermogen bij het RCP. Op basis van dit vermogen, gecombineerd met de hartfrequentie, worden vaak vijf of meer intensiteits- of trainingszones vastgesteld.

Uit eerder onderzoek is gebleken dat een delay aanwezig is in het karakteriseren van het RCP. Dit komt door de vertragingstijd in de pulmonaire zuurstofopname tijdens inspanning. Deze vertragingstijd, de zogenoemde 'ventilatoire responstijd', kan berekend worden middels een blokprotocol. De ventilatoire responstijd is zichtbaar als een VO_2 overshoot, dat komt door een zeer snelle zuurstofopname tijdens de eerste ademhalingen. Dit wordt veroorzaakt door aanpassingen in ventilatie, hartfrequentie, circulatie en spieren om vroege zuurstoftekorten in het lichaam te voorkomen. Momenteel wordt bij het bepalen van het vermogen van het RCP geen rekening gehouden met de ventilatoire responstijd van het lichaam. Dit betekent dat het vermogen van het RCP momenteel overschat wordt, met als gevolg dat de trainingszones met bijbehorend vermogen onjuist zijn. Een onjuiste indeling van de trainingszones zorgt voor verminderde trainingsimpulsen en trainingseffecten.

Consensus over de manier waarop de ventilatoire responstijd gemeten kan worden ontbreekt. Tevens is nog geen consensus bereikt over de verhouding tussen VO_{2max} ml/kg/min en de ventilatoire responstijd. In dit onderzoek wordt gekeken naar de relatie tussen VO_{2max} ml/kg/min en de ventilatoire responstijd. Met als doel om op basis van de VO_{2max} ml/kg/min de ventilatoire responstijd automatisch te kunnen berekenen en het vermogen bij het RCP te corrigeren.

Methode

1. Onderzoeksontwerp

Dit onderzoek is een verkennend onderzoek vanwege de beperkte kennis van het onderzoeksonderwerp (Gratton, Jones & Robinson, 2011).

Voorafgaand aan het onderzoek was de meetmethode bepaald (protocol ontwikkeling), getoetst en goedgekeurd door de Medisch Ethische Toetsingscommissie (METC) van het MMC Veldhoven (zie Bijlage 1).

Om de relatie tussen de VO_{2max} ml/kg/min en de ventilatoire responstijd te kunnen bepalen was een speciaal testprotocol met drie testen ontwikkeld. De testen moesten per testpersoon in afzonderlijke werken uitgevoerd worden op een fietsergometer (Lode excaliber sport 2006) met ademgasanalyse en ECG analyse in de fietskamer van Sportmax binnen het MMC Veldhoven. De testen werden afgenomen door een ervaren bewegingswetenschapper en gesuperviseerd door een (sport)arts. Er is gekozen voor een minimale hersteltijd van 5-7 dagen tussen de testen om het lichaam de tijd te geven om beschadigde weefsels te herstellen en de energiereserves aan te vullen (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008).

Ter voorbereiding op de afname van de eerste test werd het Lausanne protocol afgenomen. Het Lausanne protocol bestond uit een vragenlijst, lichamelijk onderzoek (lengte, gewicht, vetpercentage, bloeddruk meting) en een 12-kanaal rust-ECG.

Allereerst werd een maximale inspanningstest met ademgasanalyse volgens het RAMP-protocol uitgevoerd om onder andere de VO_{2max} ml/min/kg en het RCP te bepalen. Ten tweede werd een blokprotocol gebruikt om acute inspanning met behulp van een ademgasanalyse te analyseren. De ventilatoire responstijd werd berekend en gecorrigeerd met het vermogen van het RCP uit de eerste test. Ten derde werd een controle protocol van vijftien minuten gebruikt, waarbij de hartfrequentie bij het nieuwe RCP bepaald werd.

2. Populatie

Dit onderzoek is uitgevoerd onder mannelijke amateur wegwielrenners ($n=12$), die niet fietsen voor het beroep maar voor het plezier. Een gecontroleerde willekeurige steekproef is hiervoor gebruikt.

De volgende inclusie criteria werden gehanteerd;

Inclusie criteria:

- Niveau (recreatief en amateur; minimaal drie uur per week sporten;
- Leeftijdscategorie tussen de 18 tot 55 jaar;
- Gewicht (<150 kg);

Exclusie criteria:

- Geen cardiovasculaire problemen volgens de New York Heart Associations stage of andere cardiovasculaire risico's.

Het amateur niveau (met minimaal drie uur per week sporten) is gekozen omdat de VO_{2max} bij de profs en beloftes een minder prestatie bepalende factor is. Dit komt door een hoger percentage type 1 spiervezels (slow-twitch) met als gevolg een betere aerobe capaciteit (Schmitz, 2008). Testgegevens van testpersonen boven de achttien jaar zijn gebruikt. Ten eerste omdat fietsers boven de achttien jaar als volwassen worden beschouwd. Ten tweede omdat op deze leeftijd zowel de gemiddelde lichaamslengte als de fase met de hoogste VO_{2max} wordt bereikt (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Testpersonen onder de achttien jaar zijn niet geïnccludeerd omdat de lichaamssamenstelling, fysiologische aanpassingen en metabole functies (cardiorespiratoir functioneren) nog veel kunnen veranderen (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Testpersonen boven de 55 jaar zijn niet geïnccludeerd omdat zowel de maximale zuurstofopname als de maximale hartslag significant lager zijn en afnemen (Peiffer, Abbiss, Chapman, Laursen, & Parker, 2008).

Bij de testpersonen mochten geen cardiovasculaire risico's aanwezig zijn (American Thoracic Society/ American College of Chest Physicians, 2003). Dit betekende onder andere dat fysieke activiteiten geen beperkingen, overmatige vermoeidheid, hartkloppingen, afwijkingen of kortademigheid mochten veroorzaken. Met behulp van het Lausanne protocol werden eventuele afwijkingen in een verhoogde bloeddruk (onderdruk boven de 90 en bovendruk boven de 140) en afwijkingen in de rust ECG vastgesteld (afwijking in het QRS-complex en de T-top, ofwel het ST-segment, of een hartritmestoornis) (Hermesen, 2005).

De testpersonen werden met behulp van een cliënten informatiebrief benaderd om vrijwillig deel te nemen aan dit onderzoek en werden enkel geselecteerd op basis van de inclusie en exclusie criteria (zie Bijlage 2). Deze cliënten informatiebrief is verstuurd binnen Sportmax MMC Veldhoven en naar externe partijen (wielervedenigingen met connecties bij Sportmax). Voorafgaand aan de deelname werd een Informed Consent getekend waarin de testpersoon bevestigde goed geïnformeerd te zijn met betrekking tot het onderzoek en ten alle tijde kan stoppen zonder consequenties of risico's (zie Bijlage 3). Ter voorbereiding op de testmomenten werd een informatiebrief toegestuurd met uitleg over de drie testen (zie Bijlage 4).

Met het oogpunt op de ethiek, moesten de risico's voor de respondenten klein zijn. De testresultaten werden volledig anoniem gerapporteerd en strikt vertrouwelijk behandeld zoals beschreven in Gratton, Jones, en Robinson (2011).

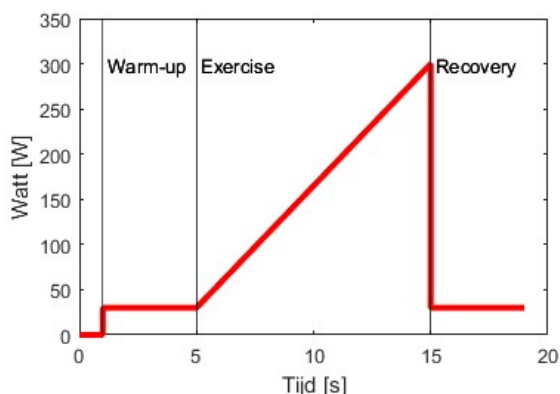
3. Onderzoeksmethode

In dit kwantitatieve onderzoek werd gebruik gemaakt van objectieve meetgegevens, numerieke objectieve waarden en statistische data-analyses, zogenoemde kwantitatieve meetmethoden (Gratton, Jones, & Robinson, 2011).

Om de ventilatoire responstijd van het ademhalingssysteem bij stijgend vermogen te bepalen, was het belangrijk om eerst de VO_2 opname te analyseren en de VO_{2max} ml/kg/min te bepalen (Hoogeveen, 2001). De VO_{2max} ml/kg/min werd bepaald met behulp van een maximale RAMP-fietsergometertest op een elektromagnetisch geremde fiets-ergometer (Excalibur Sport, Lode, Groningen, Nederland) met ademgasanalyse (COSMED QUARK, QUARK, Rome, Italië). Het RAMP-protocol is een stapsgewijs oplopend protocol in vermogen, dat bepaald wordt op basis van de gekozen RAMP 200-500 (Werkman, Takken, Brussel, & Hulzebos, 2011; American Thoracic Society, American College of Chest Physicians, 2003). Dit werd bepaald op basis van lichamelijke fitheid en

gewicht (vijf a zes keer het lichaamsgewicht). De tijd tot vermoeidheid varieert sterk per persoon en wordt tijdens hoge intensiteit gerelateerd aan de lactaatproductie (Coyle, Coggan, Hopper, & Walters, 1988). Het RCP met bijbehorend vermogen en hartfrequentie was daarom een van de belangrijkste parameters van deze test. Het RCP werd bepaald met de equivalentmethode en de V-slope methode zoals in de literatuurstudie omschreven staat, op basis van de VO_2 (zuurstofopname/afgifte), VCO_2 (koolstofdioxide afgifte) en de VE (ventilatie).

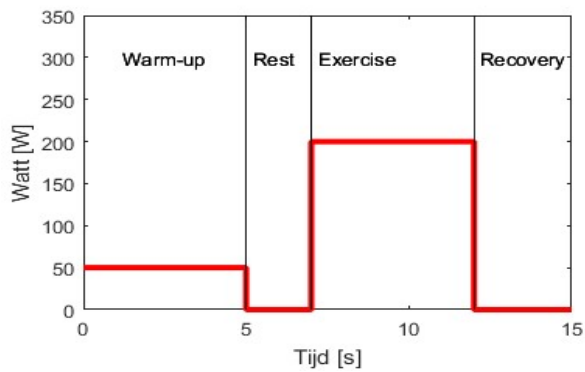
De maximale inspanningstest (Figuur 2) bestond uit drie fasen: warming-up, kern (belasting opvoeren tot maximale inspanning) en cooling down. Ter voorbereiding moest de testpersoon een minuut stilzitten om de waarden voor de ademgasanalyse te normaliseren. De test startte met vier minuten warming-up op tien procent van hun geschatte maximale vermogen dat bepaald was op basis van gewicht en lichamelijke fitheid. Vervolgens vond een individuele stapsgewijze opbouw van het vermogen plaats. Gedurende de test moest een constante trapfrequentie tussen de 80 en 100 omwentelingen per minuut aangehouden worden. Het merendeel van de testpersonen behaald op deze wijze tussen de acht tot twaalf minuten de maximale inspanning (American college of Sports Medicine, 2013). De test werd beëindigd op het moment dat de testpersoon niet meer in staat was om de gewenste trapfrequentie van 70 omwentelingen per minuut te behalen. Het maximale vermogen werd gedefinieerd als het hoogst geregistreerde vermogen waarna de test werd afgesloten met een aantal minuten fietsen op tien procent van de voorspelde waarde.



Figuur 2. Protocol 1: Maximale inspanningstest volgens het RAMP-protocol (300)

Aangepast overgenomen uit the American Journal of Respiratory and Critical care Medicine (p. 212-277) door American Thoracic Society, American College of Chest Physicians, 2003.

In de tweede test werd de ventilatoire responstijd bepaald op basis van het blokprotocol (Figuur 3). De VO_2 werd vanuit rustpositie naar acute inspanning geanalyseerd, op een geïndividualiseerd blok van 70 procent van het vermogen bij het RCP uit de eerste test. De test startte met vijf minuten warming-up op een vermogen van 50 Watt. Vanuit twee minuten geheel stil zitten voor het terug brengen van de initiële waarden van de ademgasanalyse, werd een geïndividualiseerd blok ingesteld van vijf minuten op 70 procent van het vermogen bij het RCP. De testpersoon moest met een snelle trapfrequentie zo snel mogelijk gaan fietsen op het vooraf bepaalde vermogen. Tot slot werd het vermogen teruggezet naar nul Watt.

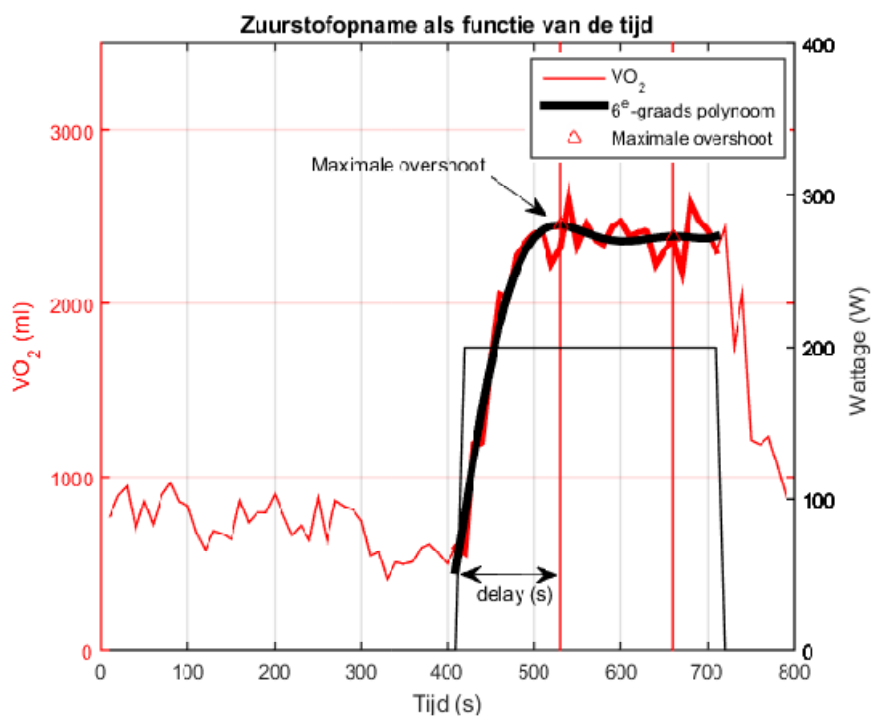


Figuur 3. Protocol 2: Blokprotocol. Het bepalen van de ventilatoire responstijd (sec).

Aangepast overgenomen uit de Journal of Exercise Physiology (p.36) door A.R. Hoogeven en H.A. Keizer, 2003.

De VO_2 opname steeg gedurende het geïndividualiseerde blok. Dit was zichtbaar in een VO_2 overschoot, dat met behulp van de ademgasanalyse zichtbaar was met een boog in de grafiek. Het hoogste punt van de VO_2 overschoot werd vergeleken met het startpunt. De ventilatoire responstijd (sec) werd berekend met een zelfgemaakt rekenprogramma in Matlab (

Figuur 4). Op basis van de gemeten ventilatoire responstijd (sec) kon het nieuwe RCP met bijbehorend vermogen bepaald worden ($Vermogen RCP_{nieuw} = t_{vermogen RCP} - t_{ventilatoire vertragingstijd}$).

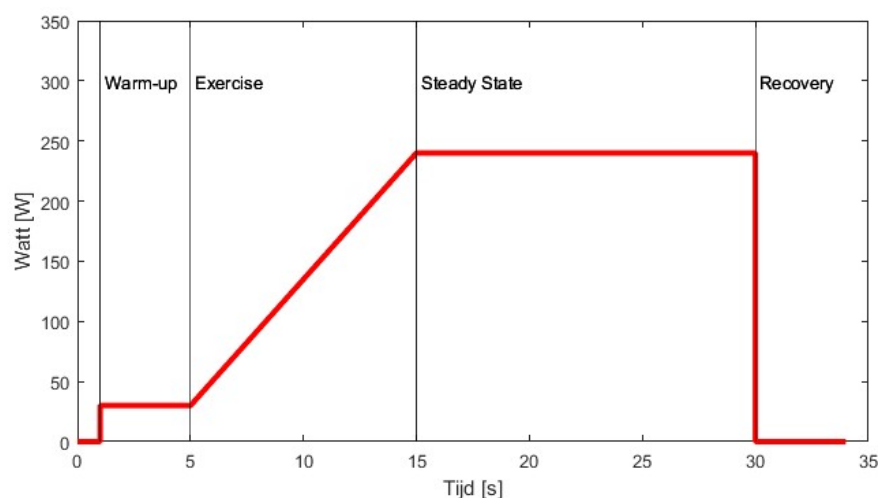


Figuur 4 . Het berekenen van de ventilatoire responstijd (sec) op basis van de zichtbare maximale VO_2 overshoot

Aangepast overgenomen uit de Journal of Exercise Physiology (p.36) door A.R. Hoozevee en H.A. Keizer, 2003.

De opbouw van het blokprotocol was bepaald op basis van eerder onderzoek, waarbij bij elite wielrenners de ventilatoire responstijd was bepaald met behulp van een vast blok van 250 Watt (Hoozevee & Keizer, 2003). Dit was echter niet te generaliseren in dit onderzoek, aangezien amateurwielrenners op 250 Watt mogelijk boven het RCP fietsen. Om individueel afhankelijk te testen was in dit onderzoek gekozen voor een blok van 70 procent van het berekende vermogen van het RCP uit de eerste test. Er is niet voor 80-90 procent van het berekende vermogen van het RCP gekozen, omdat de testpersoon mogelijk boven het RCP fietst op het moment dat de ventilatoire responstijd van minimaal 80 seconde uit het onderzoek van Hoozevee en Keizer (2003), nog verrekend moet worden.

De derde test werd uitgevoerd om te controleren of de hartfrequentie bij het nieuwe vastgestelde RCP hetzelfde was. Deze test (Figuur 5) omvatte een deel van het RAMP-protocol, waarbij het oplopend vermogen individueel afhankelijk werd vastgezet op het nieuwe berekende vermogen van het RCP. Om de gemiddelde hartfrequentie te kunnen berekenen werd een steady state gecreëerd gedurende vijftien minuten. Bij een constant geleverd vermogen neemt de hartsnelheid redelijk snel toe totdat het een plateau heeft bereikt, de steady state hartfrequentie. Dit is de optimale hartfrequentie om aan de behoeften van de circulatie te voldoen op het geleverde vermogen (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Meerdere literatuurstudies bewijzen deze hartfrequentie ontstaat tussen de tien en vijftien minuten (Kuipers, Rietjens, Verstappen, Schoenmakers, & Hofman, 2003). Op basis van de ECG analyse (Quark CPET, Cosmed, Rome, Italië) werd de gemiddelde hartfrequentie berekend op basis van de laatste vijf minuten van de test en werd vergeleken met de eerder gemeten hartfrequentie bij het RCP uit de eerste test.



Figuur 5 Protocol 3: Controleren van de HF bij het nieuwe RCP

Aangepast overgenomen uit the International Journal of Sports Medicine (p. 486-491) door H. Kuipers, G. Rietjens, F. Verstappen, H. Schoenmakers en G. Hofman, 2003.

4. Data analyse

De data werd gemeten met het programma COSMED QUARK. Voor het berekenen en analyseren van de waardes werden de testresultaten per test geladen in het programma Matlab (Matlab, R2015a v 8.5.0.197613). Dit is een speciaal ontwikkelde software voor het invoeren, bewerken, analyseren en uitvoeren van testgegevens. Alle selectieve data werd vervolgens opgeslagen in Excel 2010 (Excel, Microsoft Software, Redmond, Washington, VS), zodat met het programma IBM SPSS Statistics 23 analyses uitgevoerd konden worden.

De selectieve data van de eerste test volgens het RAMP inspanningsprotocol met ademgasanalyse en ECG waren de VO_{2max} (ml/kg/min), maximale power in Watt/kg, maximale hartslagfrequentie, RCP met bijbehorende HR en het vermogen in wattage. De selectieve data van de tweede test was de gemeten ventilatoire responstijd (sec). Om de ventilatoire responstijd te kunnen berekenen werd in het programma Matlab de VO_2 overshoot berekend met behulp van het begin en hoogste punt uit de grafiek van de ademgasanalyse. Het nieuwe vermogen bij het RCP werd berekend op basis van de formule: $Vermogen_{RCP_{nieuw}} = t_{Vermogen_{RCP}} - t_{ventilatoire\ vertragingstijd}$. De selectieve data van de derde test was de gemiddelde hartfrequentie van de laatste vijf minuten van de test. Deze hartfrequentie werd vervolgens vergeleken met de hartfrequentie van het RCP uit de eerste test. Het verschil werd berekend in Excel 2010.

5. Statistische analyse

Met het programma IBM SPSS Statistics 23 werden van de selectieve data het gemiddelde, standaarddeviatie, minimum, maximum en de range (het verschil tussen het minimum en maximum) berekend.

Om de relatie tussen de VO_{2max} (ml/kg/min) en de ventilatoire responstijd (sec) te kunnen bepalen zijn deze testgegevens met elkaar gecorreleerd met behulp van de Pearson's correlatie coëfficiënt. Dit zegt iets over de lineaire relatie tussen twee variabelen (Pallant, 2007). De correlatie tussen variabelen waaronder de VO_{2max} (ml/kg/min) en de ventilatoire responstijd (sec) werden ingevoerd in het programma SPSS. Door IBM SPSS Statistics werd gekeken naar de samenhang van de scores van de VO_{2max} (ml/kg/min) en de scores van de ventilatoire responstijd. Deze verklarende statistiek gaf een r-waarde met bijbehorende p-waarde (significantie niveau). Hoe groter de r-waarde, des te sterker het verband. De significante relatie werd vervolgens weergegeven met de p-waarde, waarbij een statisch significantieniveau van $p < 0.05$ was gebruikt.

Om verschil aan te tonen tussen de hartfrequentie bij het RCP gemeten in de eerste test en de steady state hartfrequentie bij het nieuwe RCP gemeten in de derde test, werd een vergelijking op basis van cijfers in Excel 2010 opgesteld (Gratton, Jones, & Robinson, 2011). De gemiddelden en standaarddeviaties werden berekend van zowel de hartfrequenties bij het RCP uit de eerste test als de steady state hartfrequenties bij het nieuwe RCP uit de derde test. De gemiddelden en standaarddeviaties werden vervolgens met elkaar vergeleken.

6. Betrouwbaarheid en validiteit

De betrouwbaarheid en de validiteit werd tijdens de verschillende testen van dit onderzoek gewaarborgd.

Om subject error en researcher error te voorkomen werden alle testen uitgevoerd op dezelfde fietsergometer met bijbehorende testprogramma's. De fietskamer is voorzien van een klimaat-kast. Het systeem heeft een constante meting en een corrigerende formule om zich aan te passen aan een stabiele temperatuur en luchtvochtigheid. Voor het starten van de test werd allereerst de ademgasanalyse gekalibreerd. Volgens Paton & Hopkins (2002) is de kalibratie van alle ergometers niet volledig betrouwbaar waardoor eerder fouten gemaakt kunnen worden in het testen en meten. Bij verschillende testen met constante duur en het bepalen van de VO_{2max} (ml/kg/min), wordt meestal een toevallige fout van ongeveer twee tot drie procent in de maat van de output geconstateerd (Paton & Hopkins, 2002).

De testen werden uitgevoerd volgens een opgesteld testprotocol door eenzelfde bewegingswetenschapper. Hierdoor was geen sprake van onderzoeker afhankelijkheid en werden alle testen op dezelfde manier uitgevoerd. De testafname was afhankelijk van het huidige programma van de fietskamer. De testmomenten vonden plaats in de periode van de maanden januari, februari en maart 2016, op onder andere maandagen en donderdagen tussen de middag of laat in de middag.

Om de betrouwbaarheid van de testen te waarborgen is gekozen voor een minimale hersteltijd van vijf tot zeven dagen tussen de testen. Mogelijk zou na 24-48 u (vertraagde) spierpijn kunnen ontstaan naar aanleiding van de testafname, met het hoogste punt op 48 u (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Om er zeker van te zijn dat zowel de spanning als de homeostase en de intracellulaire inhoud van de spier hetzelfde is, is gekozen voor minimaal vijf dagen.

Resultaten

1. Populatie

Tabel 1 weergeeft de demografische gegevens van de mannelijke testpersonen (N=12). De gemiddelde leeftijd was 29,6 jaar (SD 7,8), met een minimum van 20 jaar en een maximum van 44 jaar. Het BMI (kg/m^2) van de testpersonen lag gemiddeld op 22,7 (SD 1,8), met een minimum van 20,1 en een maximum van 25,9. De lengte van de testpersonen was gemiddeld 184,25 cm (SD 7,31), met een gemiddeld gewicht van 76,98 kg (SD 7,65).

Tabel 1

Patiënten karakteristieken

Variabele	Gemiddelde ($\pm$ SD)	Minimum	Maximum	Range
N= 12				
Leeftijd (jaren)	29,5 $\pm$ 7,8	20	44	24
Lengte (cm)	184,25 $\pm$ 7,31	171,0	200,0	29
Gewicht (kg)	76,98 $\pm$ 7,65	65,0	90,0	25,0
BMI (kg/m^2)	22,7 $\pm$ 1,8	20,1	25,9	5,9

2. Resultaten

Algemene testgegevens

De eerste test bestond uit een maximale RAMP-fietsergometertest inclusief ademgasanalyse voor het analyseren van de VO_2 . De gemiddelde $\text{VO}_{2\text{max}}$ bedroeg 4434,58 ml/min (SD 707,51), met een minimum van 2902,00 ml/min en maximum van 5286,00 ml/min. De gemiddelde $\text{VO}_{2\text{max}}$ per kilogram lichaamsgewicht was 57,61 ml/min/kg (SD 7,91), met een minimum 43,31 ml/min/kg en maximum van 74,05 ml/min/kg.

Het maximaal behaalde vermogen (Watt) was gemiddeld 399,3 Watt (SD 58,9). Het behaalde vermogen was minimaal 291,00 Watt en maximaal 483,00 Watt.

Beide omslagpunten, zowel het AT als het RCP werden vastgelegd met behulp van de methodes na afloop van de test. Het gemiddelde vermogen bij het AT lag op 244,3 Watt (SD 55,5), met bijbehorende gemiddelde hartfrequentie van 152,3 slagen (SD 15,2). Het gemiddelde vermogen bij het RCP lag op 326,5 Watt (SD 52,2), met een minimum van 217,0 Watt en een maximum van 385 Watt. De bijbehorende gemiddelde hartfrequentie bedroeg 173,8 slagen (SD 10,3). De testgegevens staan weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2

Testgegevens test 1, de maximale RAMP-fietsergometertest

Variabele	Gemiddelde ($\pm$ SD)	Minimum	Maximum	Range
<i>N</i> =12				
VO _{2max} (ml/min)	4434,58 $\pm$ 707,51	2902,00	5286,00	2384,00
VO _{2max} (ml/kg/min)	57,61 $\pm$ 7,91	43,31	74,05	30,73
Max. vermogen (W)	399,3 $\pm$ 58,9	291,0	483,0	192,0
Max. vermogen (W/kg)	5,20 $\pm$ 0,67	4,34	6,44	2,10
HR AT	152,3 $\pm$ 15,2	125,0	175,0	50,0
HR RCP	173,8 $\pm$ 10,3	161,0	192,0	31,0
Vermogen AT (W)	244,3 $\pm$ 55,5	119,0	310,0	191,0
Vermogen RCP (W)	326,5 $\pm$ 52,2	217,0	385,0	168,0
RAMP protocol	375,0 $\pm$ 26,1	350,0	400,0	50,0

De tweede test bestond uit een blokprotocol gebaseerd op het vermogen van 70 procent van het RCP. Het gemiddelde vermogen van het blok was 234,9 Watt (SD 37,7), met een minimum van 127,4 Watt en een maximum van 279,3 Watt. De gemeten ventilatoire responstijd was gemiddeld 119,00 seconde (SD 20,24). Minimaal bedroeg de gemeten ventilatoire responstijd 94,00 seconde. Maximaal bedroeg de ventilatoire responstijd 174,00 sec. De testgegevens staan weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3

Testgegevens test 2, blokprotocol

Variabele	Gemiddelde ($\pm$ SD)	Minimum	Maximum	Range
<i>N</i> = 12				
Vermogen RCP 70% (W)	234,9 $\pm$ 35,7	151,9	279,3	127,4
Ventilatoire responstijd RCP (sec)	119,00 $\pm$ 20,24	94,00	174,00	80,00

In de derde test is het nieuwe RCP met bijbehorend vermogen bepaald op basis van de gemeten ventilatoire responstijd (sec). Het gemiddelde vermogen bij het nieuwe RCP was 250,9 Watt (SD 47,5). Het verschil ten opzichte van het oude vastgestelde RCP bedroeg gemiddeld 75,6 Watt (SD 15,9). Het verschil in vermogen ten opzichte van het oude vastgestelde RCP was minimaal 55,0 Watt en maximaal 116,0 Watt. De gemiddelde hartfrequentie bij het nieuwe RCP was 175,4 slagen (SD 11,0). Het gemiddelde verschil in hartfrequentie ten opzichte van het oude RCP was 0,54 (SD 3,6), met een maximum van 7,9 slagen. De testgegevens staan weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4

Testgegevens test 3, de controle test voor het berekenen van de hartfrequentie

Variabele	Gemiddelde ($\pm$ SD)	Minimum	Maximum	Range
N= 12				
Vermogen RCP NIEUW (W)	250,9 $\pm$ 47,5	152,0	317,0	165,0
Vermogen verschil (W)	75,6 $\pm$ 15,9	55,0	116,0	61,0
HR gemiddelde RCP NIEUW	175,4 $\pm$ 11,0	157,2	193,2	36,1
HR verschil	0,54 $\pm$ 3,6	-3,8	7,9	11,7

Correlatie VO₂ max en ventilatoire responstijd

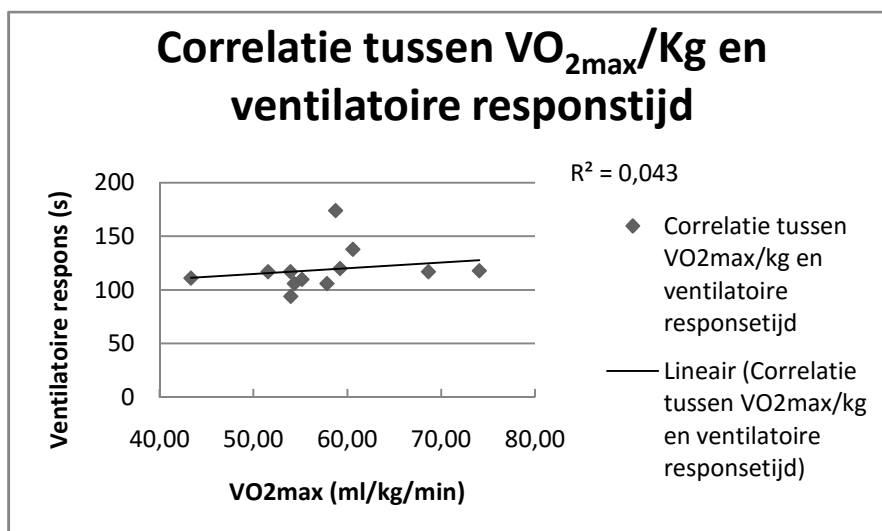
Om een correlatie te bepalen zijn de testgegevens van de VO_{2max} (ml/kg/min) en de ventilatoire responstijd (s) bij het RCP gebruikt (Tabel 5). De gemiddelde VO_{2max} was 57,14 ml/kg/min (SD 7,36), met een minimum van 43,31 ml/kg/min en een maximum van 74,05 ml/kg/min. De ventilatoire responstijd (s) bij het RCP bedroeg gemiddeld 119,00 seconde (SD 20,24), met een minimum van 94,00 seconde en een maximum van 174,00 seconde. De range bedroeg daardoor 80 seconde.

Tabel 5

Testgegevens VO_{2max} en de ventilatoire responstijd (sec)

Variabele	Gemiddelde($\pm$ SD)	Minimum	Maximum	Range
N= 12				
VO _{2max} ml/kg/min	57,14 $\pm$ 7,36	43,31	74,05	30,73
Ventilatoire responstijd RCP (sec)	119,00 $\pm$ 20,24	94,00	174,00	80,00

De statistische test gaf met behulp van de Pearson's een correlatie weer van $r=0,043$ en een p -waarde van $p=0.514$ (Figuur 6 *Correlatie tussen de VO_{2max} en ventilatoire responstijd* Figuur 6).



Figuur 6 *Correlatie tussen de VO_{2max} en ventilatoire responstijd*

Discussie

In dit onderzoek is zowel de ventilatoire responstijd bij het RCP als de relatie tussen de VO_{2max} (ml/min/kg) en de ventilatoire responstijd bij amateur-wielrenners bepaald. De ventilatoire responstijd is een belangrijk fenomeen voor het bepalen van de overgang van de aerobe naar de anaerobe (RCP) energievoorziening en is een van de belangrijkste zichtbare fysiologische verandering bij duurtraining (Ghosh, 2004). Het ontstaan van de ventilatoire responstijd is mogelijk te verklaren door het voorkomen van vroege zuurstoftekorten in het lichaam. Volgens de literatuur van Xu en Rhodes (1999) zorgt de toename van intensiteit voor een verhoogde behoefte naar VO_2 waardoor er onmiddellijk een toename in ventilatie plaats vindt. Het longvolume en de VO_2 in het lichaam wordt hierdoor automatisch verhoogd (Xu & Rhodes, 1999). Een tweede mogelijke verklaring is volgens de literatuur van Crassi et al (1996) dat de opening van arteriolen en pre capillaire kringspieren zorgen voor een snellere of hogere VO_2 opname in de spieren en een toename van de veneuze terugstroom. Een derde mogelijke verklaring is gebaseerd op een verhoogde pulmonale bloedstroom door het verhoogde HMPV. De metabolische eigenschappen van de activering van de fast-twitch vezels en de zuurstofwerkende enzymen in de spieren worden geactiveerd (Muritala, 2014). Verder onderzoek is noodzakelijk om de fysiologie van de ventilatoire responstijd te kunnen verklaren.

Bijzonder is dat dit het eerste onderzoek is in het bepalen van de relatie tussen de VO_{2max} (ml/kg/min) en de ventilatoire responstijd. De hypothese waarin gesteld wordt dat de ventilatoire responstijd lager is bij wielrenners met een hoge VO_{2max} (ml/kg/min) volgens het gebruikte blokprotocol moet worden verworpen. De alternatieve hypothese is dat er geen relatie moet worden aangenomen op basis van dit onderzoek. Een mogelijke verklaring is gelegen in het feit dat het onderzoek bestond uit een geïndividualiseerd blokprotocol met een weerstandswaarde van 70 procent van het vermogen bij het RCP, in plaats van een vaste weerstandswaarde zoals in het onderzoek van Hoozevee en Keizer (2003). Door de geïndividualiseerde weerstandswaarde dat aangepast is op basis van de conditie van de testpersoon, zijn mogelijk geen verschillen gevonden in de ventilatoire responstijd (sec).

In eerder onderzoek (Hoozevee & Keizer, 2003) is een ventilatoire responstijd geconstateerd binnen 55 tot 90 seconde voor het bereiken van de steady state VO_2 , bij vijftien mannelijke elite-wielrenners (leeftijd $26,3 \pm 3,3$ jaar, lengte $180,7 \pm 5,3$ cm, body mass $72,5 \pm 3,6$ kg). De ventilatoire responstijd werd gemeten door het uitvoeren van een blokprotocol van vijf minuten op 250 Watt, gedurende 80-100 omwentelingen per minuut. In het onderzoek werd aanbevolen om de ventilatoire responstijd vast te stellen op verschillende fietsniveaus. De verhouding met het voorgaande onderzoek van Hoozevee en Keizer (2003) was dat behalve de intensiteit van het blok, ook de opzet van het blokprotocol en het vaststellen van de ventilatoire responstijd overeen kwamen.

In dit onderzoek is de ventilatoire responstijd onderzocht bij twaalf mannelijke amateur-wielrenners. De gemiddelde ventilatoire responstijd bedroeg gemiddeld $119 \pm 20,24$ seconde, bij een geïndividualiseerd blok van gemiddeld $234,92 \pm 35,7$ Watt (vermogen van 70 procent van het RCP) gedurende 80-100 omwentelingen per minuut. Bij twee extra testpersonen was geen zichtbare VO_2 overshoot in de grafieken van de ademgasanalyse aanwezig. Hierdoor kon de ventilatoire responstijd bij deze twee testpersonen niet berekend worden en werden beide testpersonen niet meegenomen in dit onderzoek.

Een bevinding is dat het nieuwe RCP op basis van de gemeten ventilatoire responstijd minimaal 55 Watt eerder ligt dan het vastgestelde vermogen bij het RCP bij de maximale RAMP-ergometertest. Dit heeft tot gevolg dat het vermogen bij het RCP momenteel met ongeveer 55 Watt overschat wordt. Dit kan leiden tot foute trainingsadviezen en een foute indeling van trainingsintensiteiten in trainingszones. Er ontstaat geen hartslagverschil in vergelijking met de hartfrequentie van het eerder vastgestelde RCP en het nieuwe vastgestelde RCP (0,54 hartslag). Dit betekent dat de hartfrequentie bij het vermogen van het RCP momenteel niet overschat wordt. Door een gecorrigeerd vermogen te geven bij het RCP op basis van de ventilatoire responstijd, is de sporter nu in staat om gericht te trainen zowel op hartslag als op vermogen.

De onderzoeksvraag waarin gesteld is dat er een relatie zou zijn tussen VO_{2max} (ml/kg/min) en de ventilatoire responstijd is niet gevonden ($r=0.209$, $p=0.514$). Dit is mogelijk te verklaren door het geïndividualiseerde blokprotocol, waardoor een gelijke, maar mogelijk verklaarbare ventilatoire responstijd ontstond. Er ontstond een gelijke ventilatoire responstijd, omdat de test geschikt was bij de individuele conditie van de testpersoon. Op het moment dat een vaste weerstandswaarde was gebruikt, zou hoogstwaarschijnlijk wel een relatie tussen VO_{2max} (ml/kg/min) en ventilatoire responstijd aanwezig zijn. Toekomstig onderzoek zou dit mogelijk kunnen aantonen door een laag maar gelijk blokprotocol te gebruiken die voor iedere conditieklaas haalbaar is.

Zowel in het onderzoek van Hoogeveen en Keizer (2003) als in dit onderzoek waren een aantal testpersonen die geen zichtbare VO_2 overshoot lieten zien, waardoor de ventilatoire responstijd niet berekend kon worden. De curve van de VO_2 opname toonde namelijk een ander patroon, waarbij geen zichtbare piek in de VO_2 opname zichtbaar was. Om dit te kunnen verklaren is verder onderzoek noodzakelijk.

De mogelijke verklaringen die zorgen voor een snelle en langzame ventilatoire responstijd zijn nog niet duidelijk (Green & Dawson, 1996; Hoogeveen & Keizer, 2003; Xu & Rhodes, 1999). Volgens onderzoek kunnen diverse veranderingen ontstaan in de ventilatoire responstijd (VO_2 respons), zowel bij getrainde als ongetrainde duursporters (Demarle, Slawinski, Lafitte, Boquet, Koralztein, & Billat, 2001; Duffield, Edge, & Bishop, 2006; Krstrup, Hellsten, & Bangsbo, 2004). Enkele mogelijke veranderingen ontstaan als gevolg van veel duur- en intervaltraining, onder meer in hartgrootte, slagvolume, hartfrequentie, hartminuutvolume, doorbloeding, bloedvolume en zuurstofopname (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Daarnaast kunnen er veranderingen ontstaan op spierniveau door een verbetering van het CP-systeem en een verhoogde en verbeterde zuurstofopname van de type twee vezels (Rossiter, Howe, & Ward, 2005). Deze aanpassingen zouden mogelijk invloed kunnen hebben op de ventilatoire responstijd (seconde). Dit verklaart mogelijk dat goedgetrainde wielrenners met een hoge VO_{2max} (ml/kg/min) een kortere ventilatoire responstijd hebben ten opzichte van minder goedgetrainde wielrenners met een lage(re) VO_{2max} (ml/kg/min).

Beperkingen van het onderzoek

Er zijn enkele beperkingen aan dit onderzoek te relateren. De kleine populatie in dit onderzoek ($N=12$) kan mogelijk invloed hebben op de resultaten (Gratton, Jones, & Robinson, 2011). Er is gekozen voor de leeftijdscategorie 18-55 jaar om een gevarieerd resultatenoverzicht te scheppen. De literatuur bewijst dat de VO_{2max} van jongvolwassen fietsers nog veel kunnen veranderen. Om de onjuiste beoordeling te voorkomen, hadden de testgegevens van jongvolwassen fietsers (t/m 26 jaar) beter vermeden kunnen worden (Peiffer, Abbiss, Chapman, Laursen, & Parker, 2008). Andere literatuur bewijst dat de hoogste VO_{2max} gemiddeld wordt bereikt tussen de 17-21 jaar (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Er is gedurende dit onderzoek maar een testpersoon die in deze leeftijdscategorie valt.

In vergelijking met het onderzoek van Hoogeveen en Keizer (2003) zijn in dit onderzoek weinig inclusie-criteria gebruikt waar de testpersoon aan moest voldoen. De inclusie criteria van het onderzoek van Hoogeveen en Keizer (2013) waren onder andere: vrij van ernstige ziekten, geen acute ziekte/infecties, geen drugs en geneesmiddelen en men moest minimaal zes jaar trainingservaring hebben met een gemiddelde trainingsduur van vier tot dertien uur per week in de periode van vier maanden voor de test. De dag voor de testafname mocht geen intensieve training worden verricht en moest koolhydraatrijke voeding gegeten worden. Deze inclusie-criteria staan mogelijk in relatie met de testresultaten van het onderzoek. Op basis van diverse onderzoeken kunnen testresultaten namelijk beïnvloed worden door de trainingsdagen, trainingsintensiteiten en voeding rondom het testmoment. Een hoge trainingsintensiteit, oftewel intensieve training zorgt voor een verandering in spierweefsels, onder andere in afbraak van glycogeenvoorraden en eiwitafbraak in de spier (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Een intensieve training 24 uur voor het testmoment zou de test negatief kunnen beïnvloeden. De beschadigde weefsels zijn nog niet hersteld en de energiereserves zijn nog niet aangevuld (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). De testresultaten van een testpersoon in dit onderzoek zijn mogelijk negatief beïnvloed vanwege een intensieve trainingsdag 24 uur voor het testmoment. Spiervermoeidheid zorgt voor verschillende consequenties omdat spieren alleen goed functioneren als de sturingsprocessen op elkaar zijn afgestemd (Gestel & Hoeksema-Bakker, 1997). Daarom is een afname van trainingsintensiteit, trainingsvolume en een goede rust belangrijk voor het herstelproces (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). De inname van voldoende koolhydraten voor de test kan daarentegen de testresultaten positief beïnvloeden. De beschikbaarheid van koolhydraten wat dient als brandstof voor de spieren en het centrale zenuwstelsel, is essentieel voor de prestatie. Zowel op hoge intensiteit als op matig langdurige intensiteit. Dit vertraagt namelijk het ontstaan van vermoeidheid en zorgt voor een verbetering van de inspanningscapaciteit of het uithoudingsvermogen (Burke, 2010). In dit onderzoek is echter onduidelijk wat de testpersonen tot 24 uur voor het testmoment gegeten en gedronken hebben. Zelfs de inname van cafeïne direct voor de testafname zorgt voor het vergroten van de capaciteit voor lichamelijke vermoeidheid en kan de fysieke prestatie voor snelheid uithoudingsvermogen verbeteren (variërend in duur van 60-180 seconde) (Davis & Green, 2009). Cafeïne leidt wel tot een groter melkzuurgehalte in de spier zowel in rust als tijdens inspanning (Davis & Green, 2009). Hierdoor kan het uithoudingsvermogen bij een lange en intensieve inspanning beperkt worden. Het is belangrijk om in een volgend onderzoek diverse inclusie-criteria mee te nemen, dit kan namelijk de testresultaten beïnvloeden.

De methode van dit onderzoek omvatte drie verschillende testen die allen op dezelfde fietsergometer werden uitgevoerd. In eerder onderzoek is gebleken dat bij iedere fietsergometer een foutmarge ontstaat door kalibratie (Paton & Hopkins, 2001). Er kan namelijk sprake zijn van een gemiddelde afwijking van anderhalf procent. In dit onderzoek is geen rekening gehouden met de mogelijke afwijking.

De eerste test, de maximale RAMP-fietsergometertest is als een betrouwbare test beoordeeld (American Thoracic Society/ American College of Chest Physicians, 2003). Om mogelijke onderschatting van de VO_{2max} te voorkomen, moest dit RAMP-protocol ongeveer een lengte van tien tot twaalf minuten hebben (Miyagi, Malta, & Zagatoo, 2015). De lengte van het protocol is eenmalig overtroffen door een overschatting van het gekozen RAMP-protocol, waardoor mogelijk de VO_{2max} is beïnvloed.

De tweede test bestond uit een geïndividualiseerd blok om de ventilatoire responstijd per individu bij het RCP te kunnen bepalen. Dit heeft als gevolg dat het vermogen bij het RCP nauwkeuriger kan worden vastgesteld en dat er op basis van het nieuwe RCP de trainingszones nauwkeuriger ingedeeld kunnen worden. De test heeft echter een aantal nadelen. Ten eerste werd de ventilatoire responstijd niet bij het specifieke RCP bepaald omdat op een vermogen van 70 procent van het RCP werd gefietst. Het was niet mogelijk om op 80-90 procent van het RCP te fietsen, omdat de ventilatoire responstijd nog verrekend moest worden. Ten tweede kan er nu geen vergelijking worden opgesteld met het onderzoek van Hoogeveen en Keizer (2003) bij elite-wielrenners vanwege het vaste weerstandsblok dat in het onderzoek is gebruikt. Ten derde kon er geen reële relatie bepaald worden tussen de VO_{2max} (ml/kg/min) en de ventilatoire responstijd. Met als gevolg dat er geen formule bepaald kon worden voor het automatisch verwerken van de ventilatoire responstijd bij het bepalen van het RCP. Het was achteraf beter geweest als het blokprotocol zou bestaan uit twee blokken waaronder een vast weerstandsblok, voor het bepalen van de relatie tussen VO_{2max} en de ventilatoire responstijd en daarnaast een geïndividualiseerd blok voor het bepalen van de ventilatoire responstijd bij het RCP.

De derde test bestond uit vijftien minuten fietsen op het nieuwe vermogen van het RCP, voor het creëren van een steady state hartfrequentie. De steady state hartfrequentie werd bepaald op basis van de laatste vijf minuten van de test. Onderzoek bewijst dat er tussen de tien en vijftien minuten een steady state hartfrequentie ontstaat (Kuipers, Rietjens, Verstappen, Schoenmakers, & Hofman, 2003). De hartfrequentie kan echter wel variëren per dag en is hoger bij lichamelijke of emotionele stress (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Dit zou mogelijk kunnen zorgen voor een vertekend beeld.

Er zijn diverse factoren die de mogelijke betrouwbaarheid van de testen van dit onderzoek heeft beïnvloed, waaronder de temperatuur van de testomgeving. De temperatuur heeft invloed op het prestatieniveau. Eerder onderzoek constateerde een significant verschil in prestatieniveau tussen gemiddelde vermogens bij 17,22 en 27 graden (Peiffer & Abbis, 2011). In het onderzoek van Hoogeveen en Keizer (2013) werden de testen uitgevoerd met een temperatuur van 22 graden en een luchtvochtigheid van 55 procent. In dit onderzoek zijn de testen uitgevoerd in een fietskamer met klimaatkast en een luchtvochtigheid van 40 procent. Bij een aantal testpersonen zijn bij de testen ventilatoren met gevarieerde windstroom gebruikt. Dit zou de testresultaten mogelijk kunnen beïnvloeden. Een tweede factor die mogelijk de betrouwbaarheid van dit onderzoek heeft beïnvloed is het tijdstip van het testmoment. De testen van dit onderzoek hebben namelijk op verschillende

tijdstippen plaats gevonden, zowel in de ochtend, middag als laat in de middag. Diverse onderzoeken verklaren dat er in de middag de beste resultaten behaald worden (Hammel, & Pierce, 1968; Bennard, & Doucet, 2006). Iedereen heeft namelijk een verschillend ritme gedurende de dag, waardoor niet iedereen hetzelfde kan presteren op bepaalde tijdstippen (Bennard & Doucet, 2006). Dit kan verklaard worden door het hormoonniveau, elektrische impulsen van de hersenen, lichaamstemperatuur en de pijngrens. In de middag is het hormoonniveau (o.a. melatonine), de lichaamstemperatuur en de pijngrens het hoogst (Hammel & Pierce, 1968). Dit zorgt ervoor dat het lichaam meer energie heeft en dat pijnsignalen en verzuring in de spieren beter verdragen kunnen worden. De lichaamstemperatuur stijgt later in de middag/avond, waardoor zowel de kracht als het uithoudingsvermogen groter is (Hammel & Pierce, 1968). Om de betrouwbaarheid van de testen beter te kunnen waarborgen, is het belangrijk dat testen in een volgend onderzoek op dezelfde tijdstippen plaats vinden.

De hersteltijd tussen de testen was gedurende dit onderzoek gevarieerd en lag gemiddeld tussen de een en vier weken. De testpersoon bleef gedurende het onderzoek actief met het voortzetten van zijn eigen trainingsprogramma. Hierdoor werd het lichaam geconfronteerd met nieuwe trainingsprikkels en zouden mogelijk veranderingen in het lichaam plaats kunnen vinden. Een periode van vier weken tussen twee testen is vrij lang. De literatuur bewijst echter dat het ongeveer tien tot twaalf weken duurt om duidelijke veranderingen in de VO_{2max} waar te nemen (Wilmore, Costill, & Kenny, 2008). Ondanks dat veranderingen in VO_{2max} pas later zichtbaar zijn, is het belangrijk om de tijd tussen de testen zo beperkt mogelijk te houden. Gedurende dit onderzoek was dat niet mogelijk in verband met het inplannen van de testmomenten buiten het programma van SMC Sportmax MMC Veldhoven.

Conclusie en aanbevelingen

Op basis van de bevindingen van het onderzoek kan een conclusie getrokken worden. De beantwoording van de onderzoeksvraag staat centraal: “Wat is de relatie tussen de maximale zuurstofopname (VO_{2max} ml/kg/min) en de ventilatoire responstijd (sec) tijdens een maximale RAMP-fietsergometertest bij mannelijke amateur-wielrenners?”. De hypothese van dit onderzoek was dat de ventilatoire responstijd bij wielrenners met een hoge VO_{2max} (ml/kg/min) korter is dan bij wielrenners met een lage(re) VO_{2max} (ml/kg/min). Een mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat een wielrenner met een hoge VO_{2max} (ml/kg/min) een verbeterd zuurstoftransport heeft tijdens inspanning waardoor er meer zuurstof per liter bloed naar de werkende spieren wordt getransporteerd (Garret & Kirkendall, 2000).

In dit onderzoek is de gemeten ventilatoire responstijd bij mannelijke amateurwielrenners ($N=12$), gemiddeld $119 \pm 20,24$ seconde, gedurende een geïndividualiseerd blok op een vermogen van 70 procent van het RCP. Op basis van de gemeten ventilatoire responstijd kan er geconcludeerd worden dat het vermogen bij het RCP minimaal 55 Watt eerder ligt dan het vroeger vastgestelde vermogen bij het RCP. Dit zorgt momenteel voor een overschatting van het vermogen bij het RCP, dat tijdens een maximale inspanningstest volgens het RAMP-protocol wordt bepaald. Het is noodzakelijk om het RCP zo nauwkeurig mogelijk te bepalen. Op basis van het vermogen bij het RCP worden namelijk de indeling (intensiteit) van de vijf of meer trainingszones ingedeeld. De overschatting van het vermogen bij het RCP zorgt echter niet voor consequenties voor de bijbehorende hartfrequentie. Er blijkt namelijk geen verschil in hartfrequentie aanwezig te zijn. Op basis van het gecorrigeerd vermogen bij het RCP samen met de bijbehorende hartslag, kunnen de trainingszones nog nauwkeuriger worden ingedeeld en is de sporter nu in staat om nog gericht te trainen zowel op hartfrequentie als op vermogen. De juiste indeling van de trainingszones heeft namelijk invloed op de effecten van substraatgebruik, lactaat concentraties in het bloed en het verschuiven van de waarden van het AT en RCP waaronder het vermogen.

Een antwoord op de onderzoeksvraag, waarin gesteld is dat een relatie zou zijn tussen VO_{2max} (ml/kg/min) en de ventilatoire responstijd is niet gevonden ($r=0.209$, $p=0.514$). Dit klopt echter niet met de hypothese. Dat er in dit onderzoek geen relatie is gevonden is mogelijk te verklaren door het geïndividualiseerde blokprotocol van 70 procent van het vermogen bij het RCP. Hierdoor is de exacte individuele ventilatoire responstijd bij het RCP bepaald, maar is er geen relatie gevonden tussen de VO_{2max} (ml/kg/min) en de ventilatoire responstijd. Op het moment dat er een blok met vaste weerstandswaarde was gebruikt, zoals in het onderzoek van Hoogeveen en Keizer (2003), dan zou er mogelijk wel een relatie tussen VO_{2max} (ml/kg/min) en ventilatoire responstijd aanwezig zijn. Dit is tevens te verklaren op basis van de literatuur.

Verder onderzoek is nodig om de fysiologische determinanten van de ventilatoire responstijd en de relatie tussen VO_{2max} (ml/kg/min) en de ventilatoire responstijd te kunnen bepalen.

Aanbevelingen:

Dit onderzoek heeft geen relatie tussen de VO_{2max} (ml/kg/min) en ventilatoire responstijd aangetoond. Dit heeft tot gevolg dat SMC Sportmax geen formule heeft kunnen samenstellen voor het automatisch berekenen van de ventilatoire responstijd bij het RCP, dat afhankelijk is van een bepaalde VO_{2max} (ml/kg/min) categorie. Op het moment dat er wel een relatie aanwezig zou zijn, zou SMC Sportmax op basis van een formule die vastgesteld gebaseerd is op de ventilatoire responstijd, het vermogen bij het RCP automatisch kunnen corrigeren. Op basis van dit onderzoek is het noodzakelijk om naast de maximale RAMP-ergometerfietstest een extra test (blokprotocol) te doen.

Er zijn wel verschillende bevindingen en verklaringen die SMC Sportmax kan gebruiken bij het vaststellen van testresultaten en bij het geven van trainingsadviezen.

De gemiddelde ventilatoire responstijd bij amateurwielrenners bedraagt op basis van het geïndividualiseerd blokprotocol gemiddeld 119 seconde $\pm$ 20,24 bij het RCP. Dit betekent dat het RCP gemiddeld 119 seconde en 75,6 Watt eerder ligt dan het gemeten RCP. Op basis van dit onderzoek heeft SMC Sportmax een nieuw testprotocol ontwikkeld om de ventilatoire responstijd bij het RCP vast te kunnen stellen. SMC Sportmax kan sporters adviseren om een week na de uitvoering van de maximale RAMP-fietsergometertest, terug te komen om het blokprotocol uit te voeren. De ventilatoire responstijd kan berekend worden en het RCP met bijbehorend vermogen kunnen gecorrigeerd worden.

De ventilatoire responstijd heeft evenals de VO_{2max} (ml/kg/min) te maken met getraindheid. De ventilatoire responstijd is een effect dat ontstaat op basis van het voorkomen van een tijdelijke zuurstofschuld. Het voorkomen van de tijdelijke zuurstofschuld vindt plaats door de toename in ventilatie, longvolume, verhoogde pulmonale cardiac output (hartminuutvolume), verbeterde zuurstofopname in de spieren door de opening van arteriolen en precapillaire kringspieren en de activering van spiervezels (Xu & Rhodes, 1999; Crassi et al, 1996; Muritala, 2014). Deze processen zijn mogelijk trainbaar door duur- en intervaltrainingen (Demarle, Slawinski, Laffite, Boquet, Koralsztein, & Billat, 2001). De verhouding tussen duur- en intervaltraining is de 80-20 regel: 80 procent van de trainingen moet besteed worden aan langzame duurtraining en 20 procent van de trainingen moet worden verdeeld tussen trainingen op of bij het RCP en trainingen met intensiteiten van 90-100 procent VO_{2max} (ml/min) (Seiler & Tønnessen, 2009). Dit komt voor een sporter die tien tot twaalf keer per week traint neer op een tot drie sessies intensieve intervaltraining per week. Dit kan SMC Sportmax gebruiken bij het geven van trainingsadviezen aan sporters.

Verder onderzoek is noodzakelijk om het fenomeen van de ventilatoire responstijd te kunnen verklaren. Het is aanbevelingswaardig om verder onderzoek te doen naar de ventilatoire responstijd op verschillende fietsniveaus, onder andere bij top- elite- en amateur-wielrenners, maar ook bij andere atleten. Onderzoek wijst namelijk uit dat de ventilatoire responstijd (VO_2 respons) mogelijk afhankelijk is van getraindheid. Dit kan gedaan worden door de populatie te selecteren op een fietsniveau en door ze vervolgens een vast blokprotocol met een vaste weerstandswaarde te laten fietsen. Op die manier kan er een vergelijking opgesteld worden tussen VO_{2max} (ml/kg/min) en de ventilatoire responstijd en tussen de verschillende fietsniveaus. Een tweede aanbeveling is om verder onderzoek te doen naar het verschil in de ventilatoire responstijd op verschillende wattages, bijvoorbeeld bij het AT en het RCP. Mogelijk is de ventilatoire responstijd afhankelijk van de zwaarte van de intensiteit. Een derde aanbeveling is om verder onderzoek te doen naar een mogelijk verschil

in ventilatoire responstijd op het moment dat er meerdere blokken achter elkaar worden gefietst, vergelijkbaar met intervaltraining. De vraag is of de ventilatoire responstijd lager of hoger wordt naar mate het lichaam meer gaat verzuren. Een vierde aanbeveling is om verder onderzoek te doen naar de wielrenners die geen VO_2 overshoot laten zien. Het is momenteel nog onduidelijk waarom de VO_2 overshoot niet bij iedereen zichtbaar is. Een laatste aanbeveling is om bij verder onderzoek enkele inclusie-criteria mee te nemen bij het vaststellen van de populatie, onder andere het niveau van de testpersonen, het aantal testpersonen en de trainingsjaren. Daarnaast zijn enkele inclusie-criteria met betrekking tot het testmoment waaronder de hersteltijd, voeding en training rondom het testmoment, testomgeving ook noodzakelijk.

Bronnenlijst

- Allen, H., & Coggan, A. R. (2010). *Training and Racing with a Power Meter* (2^e ed.). USA: Velopress .
- American college of Sports Medicine. (2013). *Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (9^e ed.). USE: Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins.
- American Thoracic Society, American College of Chest Physicians. (2003). ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 167, 212-277.
- Atkinson, G., & Reilly, T. (1996). Circadian Variation in Sports Performance. *Sports Medicine*, 21(4) 292-312.
- Bassett, A., David, R., Edward, J.R., & Howley, T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(1), 70-100.
- Beaver, W., Wasserman, K., & Whipp, B.J. (1985). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of Applied Physiology* , 60, 2020-2027.
- Bennard, P., & Doucet, E. (2006). Acute effects of exercise timing and breakfast meal glycemic index on exercise-induced fat oxidation. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* (5), 502-511.
- Burgerhout, W. (2009). De maximale zuurstofopname: Feiten en fabels (deel 2) . *Sportgericht* 63 (3) , 2-5.
- Burke, L.M. (2010). Fueling strategies to optimize performance: training high or training low? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(2), 48-58.
- Chicharro, J., Hoyos, J., & Lucia, A. (2000). Effects of endurance training on the isocapnic buffering and hypocapnic hyperventilation phases in professional cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 34(6), 450-455.
- Coyce, Coggan, Hopper, & Walters. (1988). Determinants of endurance in well-trained cyclists. *Journal of Applied Physiology*, 64(6), 2622-2630.
- Davis, J. A. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17(1), 6-21.
- Davis, J., & Green, J. M. (2009). Caffeine and anaerobic performance: ergogenic value and mechanisms of action. *Sports medicine*, 39(10) , 813-832.
- Demarle, A. P., Slawinski, J. J., Laffite, L. P., Boquet, V. G., Koralsztejn, J. P., & Billat, V. L. (2001). Decrease of O₂ deficit is a potential factor in increased time to exhaustion after specific endurance training. *Journal of Applied Physiology*, 90(3), 947-953.
- Duffield, R., Edge, J., & Bishop, D. (2006). Effects of high-intensity interval training on the VO₂ response during severe exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(3), 249-255.

- Durnin, J., & Womersley, J. (1973). 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*, 32(01), 77-79.
- Faria, E.W., Parker, D.L., Faria, I.E. (2005). The Science of Cycling Physiology and Training: Part 1 *Sports Medicine*, 35 (4), 285-312.
- Fletcher, G. F., Gary, J., Balady, G. J., A., E., Chaitman, B., Eckel, R., Fleg, J., et al. (2001). Exercise Standards for Testing and Training. *American Heart Association Science Advisory*, 104, 1694-1740.
- Garret, W. E., & Kirkendall, D. T. (2000). *Exercise and Sport Science* (1^e ed.). USA: Velopress.
- Gestel, J.L.M. van & Hoeksema-Bakker, C.M.C. (1997). *Trainingsleer en Inspanningsfysiologie voor de paramedicus, Training van spierkracht en spierfunctie* (Deel 1). Nederland: Bohn Stafleu van Loghum.
- Ghosh, A. K. (2004). Anaerobic Threshold: Its Concept and Role in Endurance Sport. *Malays Medical Sciences*, 11(1), 24-36.
- Grassi, B., Poole, D.C., Richardson, R.S., Knight, D.R., Erickson, B.K., & Wagner, P.D. (1996). Muscle O₂ uptake kinetics in humans: implications for metabolic control. *Journal of applied physiology*, 80(3), 988-998.
- Gratton, C., Jones, I., & Robinson, T. (2011). *Onderzoeksmethoden voor sportstudies* (2^e ed.). Groningen, Nederland: Kenniscentrum Sportstudies.
- Green, S., & Dawson, B. (1996). Methodological effects on the VO₂-power regression and the accumulated O₂ deficit. *Medicine and science in sports and exercise*, 28(3), 392-397.
- Hammel, H., & Pierce, J. (1968). Regulation of Internal Body Temperature. *Annual Review of Physiology*, 30, 641-710.
- Hermesen, J. T. (2005). Elektrocardiografie. *Bijblijven*, 21(9), 374-380 .
- Hoogeveen, A. (2001). *The lactate and ventilator response to exercise in endurance athletes*.
- Hoogeveen, A., & Keizer, H. (2003). The VO₂ overshoot at the onset of constant-load exercise in elite cyclists; an unscribed phenomenon *Journal of Exercise Physiology*, 6(4), 34-41.
- Janssen, I., Katzmarzyk, P. T., & Ross, R. (2004). Waist circumference and not body mass index explains obesity-related health risk. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(3), 379-384 .
- Joseph, A., Pilegaard, H., Litvintsey, A., Leick, L., & Hood, D. (2006). Control of gene expression and mitochondrial biogenesis in the muscular adaptation to endurance exercise. *The Biochemical Society*, 42, 13-29.
- Katz, A., & Sahlin, K. (1988). Regulation of lactic acid production during exercise . *Journal of Applied Physiology*, 65(2), 509-518.
- Krustrup, P., Hellsten, Y., & Bangsbo, J. (2004). Intense interval training enhances human skeletal muscle oxygen uptake in the initial phase of dynamic exercise at high but not at low intensities . *The Journal of Physiology*, 559(1), 335-345.

- Kuipers, H., Rietjens, G., Verstappen, F., Schoenmakers, H., & Hofman, G. (2003). Effects of stage duration in incremental Running Tests on Pysiological Variables. *International journal of sports medicine*, 24(7), 486-491.
- Laursen, P., & Jenkins, D. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: optimizing training programmes and maximizing performance in highly trained endurance athletes. *Sports Medicine*, 32(1), 53-73.
- Menaspá, P., Rampinini, E., Bosio, A., Carlomagno, D., Riggio, M., & Sassi, A. (2012). Physiological and anthropometric characteristics of junior cyclists of different specialties and performance levels. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 22(3), 392-398.
- Midgley, A., McNaughton, I., Polman, R., & Marchant, D. (2007). Criteria for determination of maximal oxygen uptake. *Sports Medicine*, 37(12), 1019-1028.
- Mitchell, H., & Blomqvist, G. (2000). Maximal oxygen uptake. *The new England journal of medicine*, 284, 1018-1022.
- Miyagi, W., De Souza Malta, E., & Moura Zagatoo, A. (2015). Maximal Oxygen Uptake cannot be Determined in the Incremental Phase of The Lactate Minimum Test on a Cycle Ergometer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14, 372-378.
- Morree, J. de., Jongert, M.W.A., & Poel, G. van der. (2011). *Inspanningsfysiologie, oefentherapie en training*. Nederland: Bohn Stafleu van Longhum.
- Muritala, A. A. (2014). The slow component of O₂ uptake kinetics during heavy exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26(11), 9704-9713.
- Myers, J., & Bellin, D. (2000). Ramp Exercise Protocols for Clinical and Cardiopulmonary Exercise Testing. *Sports Medicine*, 30(1), 23-29.
- Noakes, T. (2008). Testing for oxygen consumption has produced a brainless model of human exercise performance. *British Journal of Sports Medicine*, 42(7), 551-555.
- Pallant, J. (2007). *SPSS survival manual: A Step by step guide to data analysis using SPSS version .* Berkshire, England: McGraw Hill/Open University Press.
- Paton, C.D., & Hopkins, W.G. (2002). Tests of cycling performance. *Sports Medicine*, 31(7), 489-496.
- Peiffer, J., & Abbis, C.R. (2011). Influence of Environmental Temperature on 40 km Cycling Time-trial Performance. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 6, 208-220.
- Peiffer, J.J., Abbiss, C.R., Chapman, D., Laursen, P.B., & Parker, D.L. (2008). Physiological characteristics of masters-level cyclists. *Journal of Strength and conditioning research/ National Strength & Conditioning association*, 22(5), 1434-1440.
- Rodriguez, N., Marco, N. D., & Langeley, S. (2009). American College of Sports Medicine, Nutrition and athletic performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(3), 709-731.

- Rossiter, H., Howe, F., & Ward, S. (2005). Intramuscular phosphate and pulmonary VO₂ kinetics during exercise: implication for control of skeletal muscle oxygen consumption. *AM Jones & DC Poole (eds), Oxygen uptake kinetics in sport, exercise and medicine*, 154-184 .
- Schmitz, M. (2008). Verschillen en overeenkomsten wielersprofs en beloften. *Sportgericht*, 64(4), 45-48.
- Schneider, D.A., Phillips, S.E., & Stoffolano, S. (1993). The simplified V-slope method of detecting the gas exchange threshold. *Medicine Science of Sports and Exercise*, 25(11), 1180-1184.
- Seiler, S., & Tønnessen, E. (2009). Intervals, Thresholds, and Long Slow Distance: the Role of Intensity and Duration in Endurance Training. *Sportscience*, 13, 32-53.
- SMC Sportmax . (2014-2016). *SMC Sportmax, over ons*. Opgeroepen op April 2016, van SMC Sportmax: <http://www.smcsportmax.nl/>
- Smit, A. (2011). Het kwantificeren en sturen van de trainingsbelasting. De herkomst van trainingszones (deel 1) . *Sportgericht*, 65(4) 1-7.
- Sportcardioloog. (2016). *Sportcardioloog*. Opgeroepen op April 2016. http://www.sportcardioloog.nl/hartzorg/index.php?artikel=zorg&subartikel=6^07042011_0029&img1=04.jpg, van Sportcardioloog.nl.
- Takken, T., Brussel, M. van., & Hulzebos, H.J. (2008). *Algemene inspanningsfysiologie bij kinderen*. Nederland: Bohn Stafleu van Loghum.
- Verhagen, R. (2012). Veldtesten met de vermogensmeter in het wielrennen. Een goed alternatief voor inspanningstesten in het laboratorium .*Sportgericht*, 66 (4), 18-24.
- Werkman, M., Takken, T., Brussel, M. v., & Hulzebos, E. (2011). De maximale inspanningstest, Steep RAMP-protocol. *Test en techniek in beeld*, 22-23.
- Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Kenny, W. L. (2008). *Inspannings-en sportfysiologie*. Nederland: Reed Business.
- Xu, F., & Rhodes, E. C. (1999). Oxygen uptake kinetics during exercise . *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 27(5), 313-27.
- Zoładź, J.A., & Korzeniewski, B. (2001). Physiological background of the change point in VO₂ and the slow component of oxygen uptake kinetics. *Journal of Physiology and Pharmacology* , 52(2), 167,184.

Bijlagenoverzicht

Bijlage 1:	Medisch Ethische Toetsingscommissie (METC)
Bijlage 2:	Cliënten informatiebrief
Bijlage 3:	Informed Consent
Bijlage 4:	Informatie brief bij de keuring
Bijlage 5:	Testprotocol
Bijlage 6:	Lausanne vragenlijst
Bijlage 7:	Operationalisatie schema

Bijlage 1: Medisch Ethische Toetsingscommissie (METC)

Medisch Ethische Toetsingscommissie (METC) Veldhoven

Tav mw. M. Paaijmans – Klerks, ambtelijk secretaris van de METC

Máxima Medisch Centrum Veldhoven

M. van Hooff

Afdeling sportgeneeskunde

Máxima Medisch Centrum Veldhoven

Meldingsbrief Medisch Ethische Toetsingscommissie Máxima Medisch Centrum (MMC) Veldhoven

Betreft: Melding METC wetenschappelijk onderzoek MMC

februari 2016, Veldhoven

Geachte leden van de Medische Ethische Toetsingscommissie,

Hiermee verzoek ik de leden van de METC Maxima Medisch Centrum om een verklaring tot niet WMO plicht voor een onderzoek waarbij gerichtere training adviezen kunnen worden gegeven bij (top)-sporters.

Graag wil ik u in kennis stellen van het onderzoek getiteld 'Vermogenscorrectie bij bepaling van de anaerobe drempel tijdens een maximale RAMP-fietsergometertest'. Binnen de sportgeneeskunde worden met regelmaat maximale inspanningstesten uitgevoerd om de training van recreatieve tot topsporters te optimaliseren middels ademgasanalyse. Met een toenemende markt voor vermogensmeters bij wielrenners zijn accurate vermogens nodig bij het omslagpunt van aerobe naar anaerobe verbranding (RCP). Dit is mogelijk middels kinetiek van het ventilatoir respons. Het ventilatoire responstijd kan berekend worden middels een submaximale inspanningstest als zijnde een blokprotocol en kan vervolgens gecontroleerd worden middels een tweede submaximale inspanningstest op het herberekende vermogen.

Behoudens deze twee extra submaximale inspanningstesten levert deze studie dus geen/nauwelijks extra belasting voor de cliënten op. Met uw goedkeuring zou het onderzoek per direct van start kunnen gaan met een looptijd tot het najaar van 2016. Er zijn voor het MMC geen bijkomende kosten verbonden aan het onderzoek. Tevens is er geen sprake van sponsoring van het onderzoek.

In afwachting van uw beoordeling en hopend u hiermee afdoende te hebben geïnformeerd, verblijf ik.

Hoogachtend,

MSc. M. van Hooff

Bewegingswetenschapper
Máxima Medisch Centrum Veldhoven

dr. A.R. Hoogeveen

Sportarts
Máxima Medisch Centrum Veldhoven

Methode

Samenvatting

De studie is opgebouwd uit drie verschillende testen. In de eerste test zal het anaerobe omslagpunt (RCP) worden bepaald door middel van ademgasanalyse tijdens een maximale inspanningstest middels de equivalenten methode en de V-slope methode [1]. De gevonden hartfrequentie wordt gebruikt ter controle bij de derde test. In de tweede test zal de ventilatoire responstijd worden berekend volgens het protocol van Hoogeveen [2]. Aangepast aan dit protocol zal zijn dat het constante blok geïndividualiseerd wordt op 70 procent van de anaerobe drempelwaarde gezien de gebruikte 250 Watt boven het omslagpunt ligt bij veel recreatieve/amateur wielrenners. De tijd tot de maximale overshoot bij een 6^e-graads vergelijking wordt gebruikt om het vermogen terug te rekenen. De derde test is een test ter controle, hierbij wordt een RAMP-protocol gefietst tot de terug berekende wattage

($V_{\text{vermogen}_{\text{nieuw}}} = t_{\text{vermogen}_{\text{RCP}}} - t_{\text{ventilatoire vertragingstijd}}$). Dit wattage zal vijftien minuten worden aangehouden. Als de theorie klopt zal een steady-state ontstaan in de hartfrequentie die gelijk is aan de hartfrequentie berekend bij de anaerobe drempel (RCP)

Onderzoeksvraag:

- Deel 1: Is het mogelijk middels zuurstofkinetiek het ventilatoirrepons te berekenen om zo het vermogen te kunnen bepalen bij de anaerobe en aerobe drempel voor gericht trainingsadvies?
- Deel 2: Wat is de relatie tussen de maximale zuurstofopname ($VO_{2\text{max}}$ ml/kg/min) en de ventilatoire responstijd?

Belasting voor studiepersonen:

De uit te voeren onderzoeken zijn non-invasief en voor een sporter niet/nauwelijks belastend. In feite is het een inspanningstest met ademgasanalyse die al deel uitmaakt van de dagelijkse werkzaamheden omtrent het geven van trainingsadvies. Enkel komt de sporter tweemaal terug binnen wenselijk twee weken om de twee relatief laag belastende testen uit te voeren. De voor de fietser relevante gegevens uit deze testen worden in een verslag verwerkt zodat de fietser naderhand op bepaalde intensiteit kan trainen en het uithoudingsvermogen kan vergroten en hij zelf ook voordeel heeft van de onderzoeken.

Onderzoeksopzet:

De studie is een experimenteel prospectief onderzoek naar de mogelijke verbetering van trainingsadvies voor het trainen op vermogen middels de ventilatoire responstijd. Middels een controle test kan accuraat worden gekeken of de hierboven genoemde theorie valide is. Daarbij richt het onderzoek op een mogelijke formule om de ventilatoire responstijd te schatten. Dit middels correlaties met bijvoorbeeld getraindheid (Watt/kg of VO_2 /kg) om zo middels de standaard test bij een sportkeuring al een uitspraak te kunnen doen over het vermogen bij het omslagpunt.

Setting:

De studie zal worden uitgevoerd tijdens de standaard sportkeuringen m.u.v. de extra benodigde testen. De testen zullen worden uitgevoerd door een ervaren bewegingswetenschapper en gesuperviseerd door een (sport)arts in het Maxima Medisch Centrum te Veldhoven.

Proefpersonen en Procedure:

Het onderzoek zal worden uitgevoerd in het Maxima Medisch Centrum te Veldhoven. Voorafgaand aan dit onderzoek is een pilot uitgevoerd onder de onderzoekers en stagiaires. Uit deze pilotstudy (n=4) kwamen bevredigende resultaten met een verschil van 0,32 hartslagen. Middels een non-parametrische WilcoxonSigned Rank test kwam een P-waarde uit van 0.875. Met een dergelijk beperkte grootte van proefpersonen zijn geen sterke conclusies te trekken. Echter lijkt verder onderzoek zinvol. Het onderzoek zal

lopen maart tot december 2016 en beogen 30 proefpersonen te includeren in deze studie.

Benodigdheden:

- Fietsergometer (Lode Excalibur Sport 2006, Lode, Groningen, Nederland)
- Spiro-ergometrie, (Quark CPET, Cosmed, Rome, Italië)
- Elektrocardiogram (Quark CPET, Cosmed, Rome, Italië)
- Bloeddrukmeter (Maxi Stabil 3, Speidel & Keller, Jungingen, Duitsland)
- Vetpercentage volgens het protocol van Durnin en Womersley (Harpending, Baty International, West Sussex, Verenigd Koninkrijk)
- Weegschaal (Seca 770 1321004, Hamburg, Duitsland)
- Meetlat (Seca 222, Hamburg, Duitsland)
- Statistische analyses in IBM SPSS Statistics 23
- Programma Matlab

Alle benodigdheden zijn reeds aanwezig op de afdeling sportgeneeskunde

Inclusie criteria:

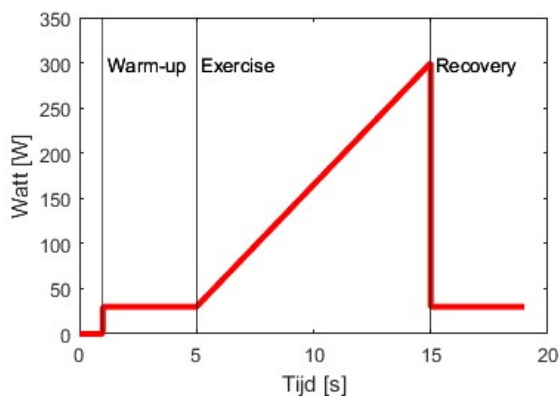
- Niveau (recreatief en amateur; minimaal drie uur per week sporten;
- Leeftijdscategorie tussen de 18 tot 55 jaar;
- Gewicht (<150 kg);

Exclusie criteria:

- Cardiovasculaire problemen volgens de New York Heart Associations stage of andere cardiovasculaire risico's;

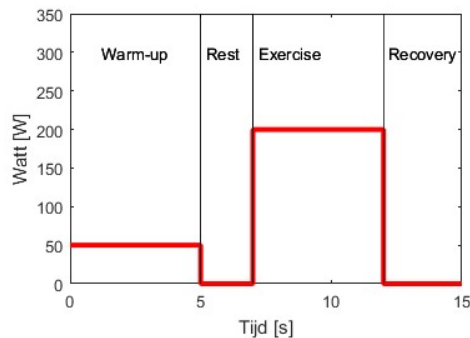
Protocol

Volgens de richtlijnen en standaard binnen de sportgeneeskunde voor het bepalen van de aerobe en anaerobe drempel wordt een maximale inspanningstest uitgevoerd (Figuur 1). Een geïndividualiseerd protocol wordt gekozen op basis van geslacht, gewicht en sportactiviteit waardoor de test tussen de acht en twaalf minuten duurt tot maximale uitputting [3].

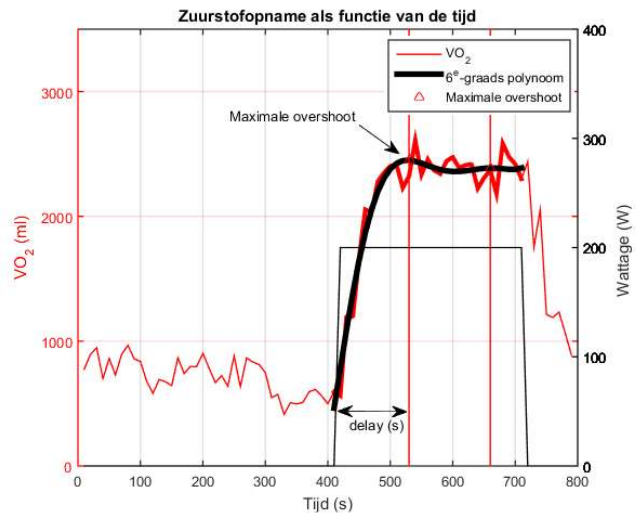


Figuur 1. Test 1: Maximale RAMP-fietsergometertest

Het tweede protocol bestaat uit een blokprotocol (Figuur 2). Dit protocol bestaat uit verschillende fase en is gebaseerd op het onderzoek van Hoogveen [2]. Het protocol start met een warming-up waarbij de testpersoon vijf minuten op 50 watt fietst. Daaropvolgend een rustperiode van twee minuten. Vervolgens zal het wattage worden omgezet naar 70 procent van de wattage bij de anaerobe drempel (RCP) die eerder bepaald is bij de eerste test. De testpersoon dient vijf minuten op dit wattage te fietsen. Hierna is de test afgelopen en bieden we de testpersoon aan enkele minuten uit te fietsen op een laag wattage. De ventilatoire responstijd wordt berekend (Figuur 3).

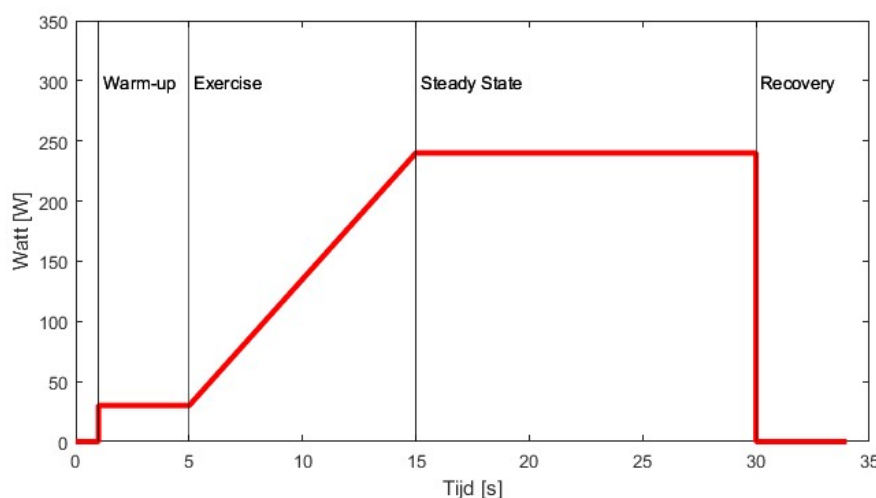


Figuur 2. Test 2: Blokprotocol



Figuur 3. Berekening ventilatoirrespons

Na het blokprotocol zal de testpersoon nog een derde protocol fietsen om de gevonden waarden te controleren (Figuur 4). In dit protocol wordt hetzelfde protocol uitgevoerd als de eerste test. Echter zal de wattage worden vastgezet bij de opnieuw berekende wattage bij het RCP. Dit vaste wattage zal vijftien minuten moeten duren om een steady-state te creëren. De gemiddelde hartslag over de laatste vijf minuten van de test zal worden gebruikt om te controleren of dit overeen komt het de hartslag van het RCP uit het eerste protocol. Indien gelijk creëren we de mogelijkheid fietsers gerichter te kunnen laten trainen met vermogensmeters.



Figuur 4. Test 3: Steady state ter controle

Referenties:

1. Beaver, W.L., K. Wasserman, and B.J. Whipp, A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J ApplPhysiol* (1985), 1986. **60**(6): p. 2020-7.
2. A.R. HOOGEVEEN, H.A.K., *THE VO 2 OVERSHOOT AT THE ONSET OF CONSTANT-LOAD EXERCISE IN ELITE CYCLISTS: AN UNDESCRIBED PHENOMENON* *J Exercise Physiology Online*, 2003. 3.
3. American Thoracic, S. and P. American College of Chest, *ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing*. *Am J RespirCrit Care Med*, 2003. 167(2): p. 211-77.

Bijlage 2: Cliënten informatiebrief

“Vermogenscorrectie bij bepaling van de anearobe drempel tijdens een maximale inspanningstest”

Geachte heer,

Mijn naam is Danique van Lee en functioneer als stagiaire biometrie binnen Sportmax, MMC Veldhoven. Ik ben op dit moment bezig met mijn afstudeeronderzoek, namens de Fontys Sporthogeschool. Dit onderzoek is mede opgesteld door de bewegingswetenschappers/sportarts van Sportmax.

Uw bewegingswetenschapper/sportarts vraagt u mee te doen aan een onderzoek naar de mogelijke correctie voor vermogen bij de anaerobe drempel (RCP). Het is belangrijk dat u deze informatie goed leest voordat u besluit of u aan het onderzoek wil meedoen. Onderstaand informatie over het onderzoek. Als u vragen heeft, bespreek ze dan vooral met uw bewegingswetenschapper/sportarts. De contactgegevens staan onderaan in deze brief.

Zojuist heeft u voor naar eigen initiatief of aanraden van een (sport)-arts een maximale inspanningstest uitgevoerd met ademgasanalyse. Deze ademgassen (O_2 en CO_2) worden geanalyseerd via een sensor die bevestigd zat op het mondkapje. Uit deze ademgassen worden hartslagzones berekend om zo specifieker te gaan trainen. Met de steeds moderner wordende technieken, fietsen steeds meer wielrenners op vermogen. Echter blijkt het vermogen dat bij die hartslagzones behoort tijdens uw maximale inspanningstest af te wijken. Dit heeft te maken met een ventilatoire responstijd (vertragingstijd) van het ademhalingsstelsel op acute inspanning naar mate het zwaarder worden van de intensiteit. U kunt je voorstellen dat daardoor waarden zoals de anearobe drempel wordt overschat. Middels het onderzoek willen we ontdekken om zo goed mogelijk hiervoor te corrigeren.

Doel van het onderzoek:

Het doel van dit onderzoek is om de ventilatoire responstijd van het ademhalingsstelsel vast te stellen. Hierdoor is het mogelijk de anearobe drempel nauwkeuriger te kunnen bepalen. De anearobe drempel is noodzakelijk voor de indeling van de trainingszones op vermogen.

Wat houdt dit voor u in?

Middels een eenvoudige test van ongeveer tien minuten kunnen we deze vertraging berekenen. Deze test zal bestaan uit warmfietsen, een periode van rust en vervolgens een blokbelasting van vijf minuten. Om deze berekening te valideren is er daarnaast nog een langere test nodig om te kijken of de hartslag bij uw anaerobe drempel uit komt bij het berekende wattage. In deze test fietst u hetzelfde protocol als de maximale inspanningstest, enkel zal nu de wattage voor vijftien minuten vastgezet worden op het nieuwe berekende wattage op basis van de gemeten ventilatoire responstijd.

Als u mee wilt doen aan dit onderzoek bieden wij de mogelijkheid om uw trainingsadvies te optimaliseren. Dit houdt het wel in dat u na de test die u zojuist heeft gehad nog twee keer langs te komen in afzonderlijke weken voor de twee testen.

De fietstesten moeten worden afgenomen in de fietskamer van Sportmax, MMC Veldhoven. Van u wordt verwacht sportkleding en sportschoenen mee te nemen. U kunt de schoenen die u tijdens het wielrennen draagt ook mee nemen. Middels het kliksysteem van de pedalen, zowel SPD als SPD SL, kunt u de schoenen vast klikken.

Ter voorbereiding op de eerste test zal het Lausanne protocol worden afgenomen, bestaande uit lichamelijke metingen (lengte, gewicht, vetpercentage), vragenlijst, rust ECG en bloeddrukmeting.

Is mijn deelname vrijwillig?

De deelname aan dit onderzoek is geheel vrijwillig. U hoeft geen reden te geven niet deel te nemen aan dit onderzoek. Breng wenselijk gelijk uw onderzoeksarts op te hoogte van uw besluit. Uw deelname kan voortijdig worden beëindigd indien er aanwijzingen zijn dat de deelname een gezondheidsrisico voor u kan betekenen. Als u besluit te stoppen met het onderzoek zal de onderzoeker geen gegevens meer verzamelen over u en de tot dan toe verzamelde gegevens vernietigen.

Er zijn enkele inclusie criteria waar u aan moet voldoen om in aanmerking te komen, waaronder:

- Niveau (recreatief en amateur; minimaal drie uur per week sporten;
- Leeftijdscategorie tussen de 18 tot 55 jaar;
- Gewicht (<150 kg);

Wat zijn de kosten en vergoedingen?

Voor dit onderzoek zijn geen financiële vergoedingen voor uw deelname aan het onderzoek gegeven.

Wat gebeurt er met de resultaten van het onderzoek?

De resultaten zullen worden gebruikt voor optimalisatie van training bij (top)-wielrenners. Mogelijk wordt dit onderzoek gepubliceerd in een wetenschappelijk tijdschrift. De resultaten zullen nooit te herleiden zijn naar individuele personen. Indien u dit op prijs stelt, zal de onderzoeker deze informatie u toekomen.

Is het onderzoek goedgekeurd door een medisch-ethische toetsingscommissie?

Dit onderzoek is goedgekeurd door een medisch-ethische toetsingscommissie van het MMC Veldhoven.

De Fontys Commissie Ethiek van Onderzoek heeft dit onderzoek 'Vermogenscorrectie bij de bepaling van de anaerobe drempel tijdens een maximale RAMP-fietsergometertest' beoordeeld en heeft geen bezwaren tegen uitvoering van dit onderzoek.

Bij wie kan ik terecht voor vragen over het onderzoek?

Mocht u nog vragen hebben over het onderzoek, zowel voorafgaand als tijdens het onderzoek, dan kunt u contact opnemen met uw behandelend arts of met de verantwoordelijke onderzoeker in het Máxima Medisch Centrum - SportMáx, Veldhoven, M. van Hooff, bewegingswetenschapper, 040 – 88 88 000, of met bewegingsdeskundige D. van Lee, 06-20340352.

Mocht u klachten hebben over het ziekenhuis of over het functioneren van het onderzoek personeel, dan kunt u contact opnemen met de klachtenfunctionaris van het Máxima Medisch Centrum Veldhoven, 040 – 888 5649.

Voor overige vragen kunt u zich wenden tot het patiënten informatiecentrum van het Máxima Medisch Centrum Veldhoven, 040 – 888 94 72

Bijlage 3: Informed Consent

Ondertekening toestemmingsformulier

“Vermogenscorrectie bij bepaling van de anaerobe drempel tijdens een maximale RAMP-fietsergometertest”

Hiermee bevestig ik, ondergetekende, dat ik toestemming geef voor deelname aan het hierboven genoemde onderzoek.

In verband hiermee verklaar ik het volgende:

- Ik heb de bijbehorende “informatie voor patiënten” gelezen en begrepen.
- Ik ben voldoende geïnformeerd over de aard, het doel en de procedures van het onderzoek.
- Ik heb voldoende tijd gehad om over deelname aan het onderzoek te beslissen.
- Ik ben op de hoogte van het feit, dat de deelname aan het onderzoek geheel vrijwillig is en dat ik mijn toestemming voor deelname op ieder gewenst moment en zonder opgave van reden kan intrekken.
- Ik weet dat sommige mensen mijn gegevens kunnen zien. Die mensen staan vermeld in de informatiebrief.
- Ik geef toestemming om mijn gegevens te gebruiken, voor de doelen die in de informatiebrief staan.
- Ik sta toe dat de onderzoeker mij na afronding van het onderzoek opnieuw kan benaderen voor een eventueel vervolg op deze studie.

Datum:

Naam cliënt:

Handtekening cliënt:

Hierbij verklaar ik, ondergetekende, dat ik aan bovengenoemde patiënt de aard, het doel en de procedures van het onderzoek volledig heb uitgelegd, dat ik aan deze een exemplaar van de bijbehorende “informatie voor patiënten” heb gegeven en dat deze vrijwillig heeft toegestemd in deelname aan het onderzoek. Ik verklaar dat ik vertrouwelijk met de aan mij beschikbaar gestelde gegevens integer en vertrouwelijk zal omgaan, zoals in de informatiebrief staat beschreven.

Als er tijdens het onderzoek informatie bekend wordt die de toestemming van de deelnemer zou kunnen beïnvloeden, dan breng ik hem/haar daarvan tijdig op de hoogte.

Datum:

Naam onderzoeker:

Handtekening onderzoeker:

Bijlage 4: Informatie brief bij de keuring

Geachte heer,

Bedankt voor uw interesse in het onderzoek 'Vermogenscorrectie bij de bepaling van de anaerobe drempel tijdens een maximale RAMP-fietsergometertest'.

U heeft aangegeven mee te willen werken aan dit onderzoek. Dit onderzoek bestaat uit drie verschillende testen die in afzonderlijke weken uitgevoerd moeten worden. Op basis van eerder mailverkeer hebben we de verschillende testmomenten vastgelegd. Onderstaand een schema met de geplande testmomenten.

Testmomenten:

Test	Datum
Test 1, maximale inspanningstest	
Test 2, blokprotocol	
Test 3, controle test	

Plaats van de afname van de test:

Sportmax, Maxima Medisch Centrum in Veldhoven.

Adresgegevens zie onderaan de pagina.

Meld je bij binnenkomst aan de balie bij de afdeling 'SMC Sportmax'.

De opbouw van de test:

Voor het starten van de eerste test, zal er eerst het Lausanne protocol worden afgenomen, bestaande uit een vragenlijst en lichamelijke metingen. De Lausanne vragenlijst bestaat uit 34 vragen die betrekking tot u en uw familie, lichamelijke beperkingen en sportactiviteiten. Vervolgens zullen de lichaamsmetingen waaronder lengte, gewicht, vetpercentage, bloeddruk meting en een rust ECG afgenomen worden.

De fietstest:

De fietstest wordt uitgevoerd met sportkleding, bij de mannen een ontbloot bovenlichaam. Belangrijk om uw zowel uw sportkleding als sportschoenen niet te vergeten. U kunt eventueel uw wielrenscholen mee nemen. Middels het kliksysteem van de pedalen, zowel SPD als SPD SL, kunt u de schoenen vast klikken.

Tijdens de fietstest krijgt u een mondkapje op voor de ademgasanalyse (meting in/uitgeademde lucht) en verschillende plakkertjes van de ECG op uw bovenlichaam.

Er zijn drie verschillende fietstesten bijbehorend bij het onderzoek.

Test 1: Maximale RAMP-fietsergometertest, voor het bepalen van uw anaerobe drempel. Het merendeel van de personen die deze test ondergaan komen op deze wijze tussen de 8-12 minuten aan hun maximale inspanning. De duur van de test bedraagt ongeveer 30 minuten.

Test 2: Blokprotocol voor het berekenen van de ventilatoire responstijd, waarbij uw ademhaling vanuit stilstand naar acute beweging wordt geanalyseerd. U dient vijf minuten op een bepaald wattage te fietsen. Duur van de test bedraagt ongeveer 15-20 minuten.

Test 3: Controle test van het berekende wattage, bestaande uit een deel van het RAMP protocol, waarna vervolgens het wattage vijftien minuten vast wordt gezet op de nieuwe vastgestelde anaerobe drempel. Duur van de test bedraagt ongeveer 30 minuten.

Ik hoop u zo voldoende geïnformeerd te hebben. Zodra u nog vragen hebt over de testmomenten,

vormgeving van de testen of overigen, hoor ik het graag van u. U kunt deze vragen formuleren en sturen naar d.vanlee@student.fontys.nl of u kunt telefonisch contact opnemen met Danique van Lee, telefoonnummer: 0620340352.

Adresgegevens Sportmax:

Sportmax, Maxima Medisch Centrum in Veldhoven.

Route 205 (via de zij-ingang van het ziekenhuis)

De Run 4600

Postbus 7777

5500 MB Veldhoven

Tot (datum van de test)

Met sportieve groet,

Danique van Lee

Fontys Sporthogeschool

Stagiaire biometrie Sportmax, MMC Veldhoven

E-mail: d.vanlee@student.fontys.nl

Telefoonnummer: 0620340352

Bijlage 5: Test protocol

©2015 Martijn van Hooff, Danique van Lee

“Vermogenscorrectie bij bepaling van de anaerobe drempel tijdens een maximale RAMP-fietsergometertest”

Doel van de test:

Na het uitvoeren van dit testprotocol kan door middel van een ademgasanalyse de ventilatoire responstijd van het ademhalingssysteem bij oplopend vermogen bepaald worden, gedurende de ergometer maximale fietstest volgens het RAMP-protocol bij mannelijke wielrenners.

Benodigdheden:

- Gekalibreerde fietsergometer Lode Excaliber Sport 2006 (Lode Excalibur Sport, Lode, Groningen, Nederland)
Deze fiets kan naar eigen wens afgesteld worden, zodat de perfecte fietspositie ingesteld kan worden. Ook is de fietsergometer uitgerust met een snelheidsmeter, zodat de proefpersoon kan zien met welke snelheid het vlieg wiel rond gaat.
- Spiro-ergometrie, (Quark CPET, Cosmed, Rome, Italië)
Breath-by-breath spiromergometrie apparaat (Quark CPET, Cosmed, Rome, Italië). Hierbij wordt gekeken naar de gasuitwisseling. Met name voor het bepalen van het RCP. Daarnaast wordt dit ook gebruikt om de ventilatoire respons te meten en het uitsluiten van cardiopulmonaire afwijkingen.
- Elektrocardiogram (ECG) (Quark CPET, Cosmed, Rome, Italië).
De ECG meting wordt zowel in rust als tijdens inspanning afgenomen. Voor het meten van de hartslag en om te zien of er geen ritmestoornissen bij de testpersoon aanwezig waren. Tijdens alle metingen moet een arts of bewegingswetenschapper aanwezig zijn voor het continu monitoren van het ECG en om de veiligheid van de meting te waarborgen.
- Werwerkingsprogramma (medical) Matlab
Het vewerkingsprogramma medical Matlab wordt gebruikt om een programma te schrijven die automatisch resultaten analyseert (Matlab 8.5.0.197613 (R2015a), Matlab Mathworks, Nattick, Verenigde Staten).
- Bloeddrukmeter (Maxi Stabil 3, Speidel & Keller, Jungingen, Duitsland).
Aan de hand van de bloeddrukmeter wordt de bloeddruk bepaald middels de tonen van Korotkoff. Dit wordt zowel vooraf, tijdens de inspanning gemeten als na de inspanning gemeten.

Benodigdheden voor voorbereidende metingen:

- Weegschaal (Seca 770 1321004, Hamburg, Duitsland).
Het bepalen van het gewicht van de testpersoon.
- Meetlat (Seca 222, Hamburg, Duitsland).
Het bepalen van de lengte van de testpersoon.
- Vetpercentage
Om nog een betere maat voor lichaamssamenstelling te bepalen wordt het vetpercentage gemeten volgens het protocol van Durnin en Womersley (Harpenden, Baty International, West Sussex, Verenigd Koninkrijk)
Hierbij is gebruik gemaakt van een vierpuntsmeting (Biceps, Triceps, Subscapulaire plooi, Supra-iliacale plooi) (Durnin & Womersley, 1973)

Benodigdheden voor het verwerken van de resultaten:

- Statistische analyses in IBM SPSS Statistics 23.

- Excel 2010

Omschrijving van de test:

Dit testprotocol bestaat uit drie verschillende testen. Er zijn enkele criteria die belangrijk zijn bij de uitvoering van de testen.

Criteria bij de uitvoering:

- Een minimale hersteltijd tussen de testen minimaal 5-7 dagen;
- De testen moeten op dezelfde locatie door dezelfde tester, met bijbehorende test programma's en protocol worden afgenomen.
- Er mogen geen afwijkingen gevonden worden in het ECG.

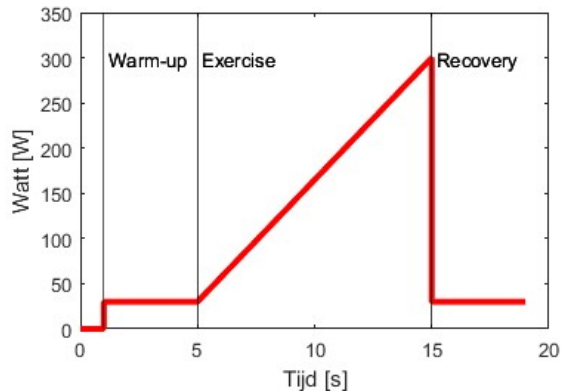
Voorbereiding:

Ter voorbereiding op de eerste test wordt het Lausanne protocol afgenomen. Het Lausanne protocol bestaat uit een vragenlijst over uzelf en uw familie, lichamelijk onderzoek (lengte, gewicht, vetpercentage, bloeddruk meting) en een 12-kanaal rust-ECG. In het Lausanne protocol mogen er geen afwijkingen zijn, zoals een hoge bloeddruk (onderdruk boven de 90 en bovendruk boven de 140) en een negatieve rust ECG (Enkele voorbeelden zijn: afwijking in het lijnstukje tussen het QRS-complex en de T-top, ofwel het ST-segment, of een hartritmestoornis).

Test 1: Maximale RAMP-fietsergometertest

De maximale RAMP-fietsergometertest Figuur 2 bestaat uit drie fasen: warming-up, kern (belasting opvoeren tot maximale inspanning) en cooling down (Figuur 1). Ter voorbereiding moet de testpersoon een minuut stilzitten om de waarden voor de ademgasanalyse te normaliseren. De test start met vier minuten warming-up op tien procent van hun geschatte maximale vermogen dat bepaald was op basis van gewicht en lichamelijke fitheid. Vervolgens vindt een individuele stapsgewijze opbouw van het vermogen plaats. Gedurende de test moet een constante trapfrequentie tussen de 80 en 100 omwentelingen per minuut aangehouden worden. Het merendeel van de testpersonen behaald op deze wijze tussen de acht tot twaalf minuten de maximale inspanning (American college of Sports Medicine, 2013). De test wordt beëindigd op het moment dat de testpersoon niet meer in staat is om de gewenste trapfrequentie van 70 omwentelingen per minuut te behalen. Het maximale vermogen wordt gedefinieerd als het hoogst geregistreerde vermogen waarna de test wordt afgesloten met een aantal minuten fietsen op tien procent van de voorspelde waarde.

Duur van de test: 15-20 min



Figuur 1. Test 1: Maximale RAMP-fietsergometertest

Selectieve data van de test:

De selectieve data van de eerste test zijn de VO_{2max} (ml/kg/min) en het RCP met bijbehorende hartfrequentie en vermogen (Watt).

Bepalen van het RCP:

Het RCP wordt bepaald op basis van de ventilatoire equivalent-methode en de V-slope methode van Beaver, Wasserman, & Whipp (1986). Bij de ventilatoire equivalent-methode wordt de $eqVO_2$ berekend door het ademminuutvolume te delen door de VO_2 (zuurstofopname). De $eqVCO_2$ wordt berekend door het ademminuut volume te delen door de VCO_2 (koolstofdioxide productie) (Chicharro, Hoyos, & Lucia, 2000; Schmitz, 2008). De V-slope methode wordt extra gebruikt om de eerste ventilatoire drempel (AT) te bepalen (Beaver, Wasserman, & Whipp, 1985). Dit wordt gedaan door de zuurstofopname (VO_2) en koolstofdioxide (VCO_2) afgifte tegen elkaar uit te zetten (Schneider, Phillips, & Stoffolano, 1993).

Kenmerken

- Stijging van $eqVCO_2$ (VE/VCO_2)
- VE gaat sneller stijgen
- Daling van $PETCO_2$

Het omslagpunt wordt bepaald op basis van de equivalenten: Stijging $eqCO_2$ / daling $PETCO_2$
Dit wordt gedaan door de ademgasanalyse (Quark CPET, Cosmed, Rome, Italië).

Ter voorbereiding op de tweede test, wordt een vermogen van 70 procent van het RCP bepaald.

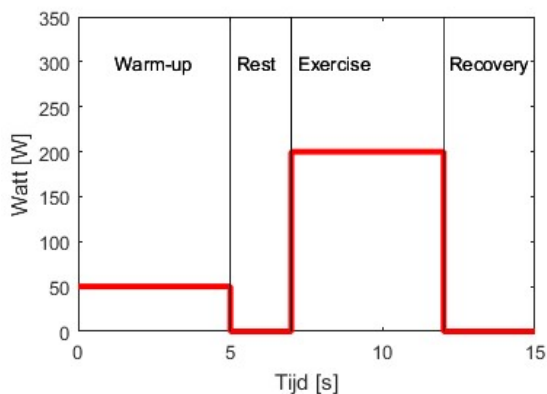
Test 2: Blokprotocol voor het bepalen van de ventilatoire responstijd

Het blokprotocol bestaat uit een blok waarbij de VO_2 vanuit rustpositie naar acute inspanning wordt geanalyseerd, op een geïndividualiseerd blok van 70 procent van het vermogen bij het RCP uit de eerste test. De test start met vijf minuten warming-up op een vermogen van 50 Watt. Vanuit twee minuten geheel stil zitten voor het terug brengen van de initiële waarden van de ademgasanalyse, wordt een geïndividualiseerd blok ingesteld van vijf minuten op 70 procent van het vermogen bij het RCP. De testpersoon moet met een snelle trapfrequentie zo snel mogelijk gaan fietsen op het vooraf bepaalde vermogen. Tot slot wordt het vermogen teruggezet naar nul Watt.

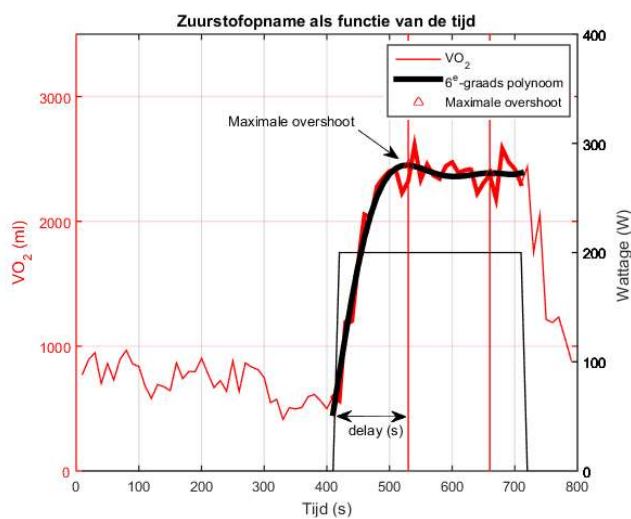
De VO_2 opname stijgt gedurende het geïndividualiseerde blok. Dit is zichtbaar in een VO_2 overschoot, dat met behulp van een ademgasanalyse zichtbaar is met een boog in de grafiek (Figuur 3). Het

hoogste punt van de VO_2 overshoot wordt vergeleken met het startpunt. De ventilatoire responstijd (sec) wordt berekend met een zelfgemaakt rekenprogramma in Matlab. Op basis van de gemeten ventilatoire responstijd (sec) kan het nieuwe RCP met bijbehorend vermogen bepaald worden ($\text{Vermogen}_{\text{nieuw}} = t_{\text{Vermogen}_{\text{RCP}}} - t_{\text{ventilatoire vertragingstijd}}$)

Duur van de test: 15-20 minuten



Figuur 2. Test 2: Blokprotocol. Het bepalen van de ventilatoire responstijd (sec).



Figuur 3. Berekenen ventilatoire responstijd

Selectieve data van de test:

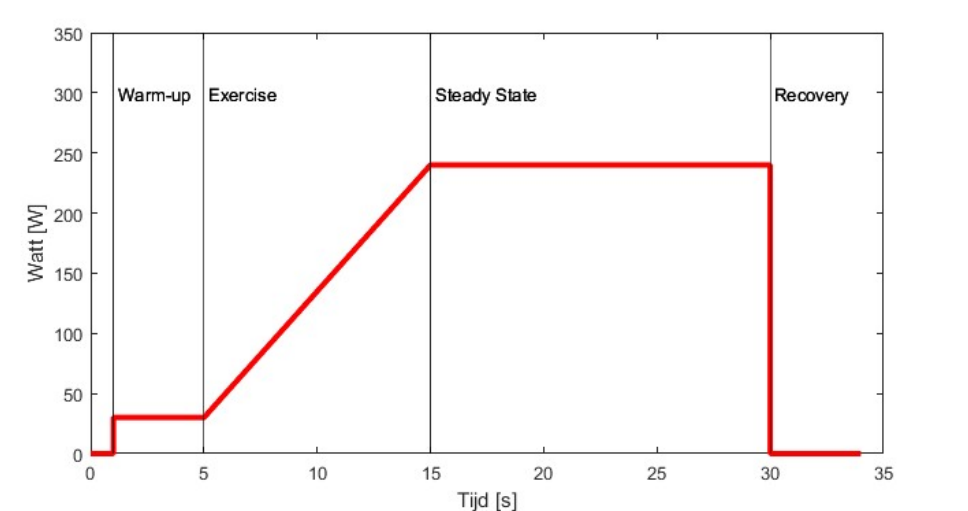
De selectieve data van het blokprotocol is de gemeten ventilatoire responstijd (sec) van het ademhalingsstelsel.

Test 3: Controle test voor de hartfrequentie

De derde test wordt gedaan om te controleren of de hartfrequentie bij het nieuwe vastgestelde RCP hetzelfde is. Deze test omvat een deel van het RAMP-protocol, waarbij het oplopend vermogen

individueel afhankelijk wordt vastgezet op het nieuw berekende RCP (Figuur 4). Het nieuwe vermogen bij het RCP werd bepaald op basis van het de gemeten ventilatoire responstijd in de tweede test. Om de gemiddelde hartfrequentie te kunnen berekenen wordt een steady state gecreëerd gedurende vijftien minuten. De gemiddelde hartfrequentie wordt berekend op basis van de laatste vijf minuten van de test en wordt vervolgens vergeleken met de eerder gemeten hartfrequentie bij het RCP uit de eerste test.

Duur van de test: 20-30 minuten



Figuur 4. Test 3: Controleren van de HF bij het nieuwe RCP

Selectieve data van de test:

De selectieve data van de derde test is de gemiddelde hartfrequentie van de laatste vijf minuten van de test. Dit werd vervolgens vergeleken met de hartfrequentie van de eerste test.

Na het uitvoeren van de drie testen is de individuele ventilatoire responstijd bij het RCP bepaald.

Bijlage 6: Lausanne vragenlijst (Sportcardioloog, 2016)



vragenlijst inclusief Lausanne protocol

Máxima Medisch Centrum, locatie Veldhoven
locatie Sportcomplex Eindhoven Noord
(040) 888 86 88 of 0900-BLESSURE
www.sportmax.mmc.nl

personalia

naam en voorletters	_____ m/v _____	datum	_____
geboortedatum	_____	opleiding/beroep	_____
adres	_____	telefoon	_____
postcode en woonplaats	_____		
verzekering	_____	Polis nr.	_____
email adres	_____	BSN nr.	_____
huisarts naam	_____	woonplaats huisarts	_____

reden van keuring/aandachtspunten

beoefende sporten	uur/week	recreatief	competitief	topsport	sinds
1 _____		☐	☐	☐	
2 _____		☐	☐	☐	
3 _____		☐	☐	☐	

In geval van balsport positie op het veld _____ rechts/links benig rechts /links handig

lijdt u of heeft u geleden aan

	nee	ja		nee	ja		nee	ja
overgewicht	☐	☐	problemen met zien	☐	☐	frequente buikpijn	☐	☐
suikerziekte	☐	☐	brillen voor zicht ver	☐	☐	verminderde eetlust	☐	☐
bloed/eiwit/suiker in urine	☐	☐	brillen voor zicht dichtbij	☐	☐	pijn bij urineren	☐	☐
hooikoorts	☐	☐	oogproblemen	☐	☐	urine verlies	☐	☐
astma	☐	☐	kleurenblindheid	☐	☐	epilepsie	☐	☐
bronchitis	☐	☐	doofheid	☐	☐	evenwichtstoornis	☐	☐
klaplong (pneumothorax)	☐	☐	gehoorsproblemen	☐	☐	frequent hoofdpijn	☐	☐
longontsteking (pneumonie)	☐	☐	loopoor/gat in trommelvlies	☐	☐	slaapstoornissen	☐	☐
frequente verkoudheid	☐	☐	oorsuizen	☐	☐	depressie	☐	☐

aanvullende vragen

	nee	ja	zo ja, graag toelichting
volgt u speciaal dieet	☐	☐	_____
gebruikt u vitamine preparaten	☐	☐	_____
rookt u	☐	☐	ja, aantal pd. _____ gestopt sinds: _____
gebruikt u alcohol	☐	☐	☐ < 5E gl./wk ☐ 5E-15E gl./wk ☐ > 15E gl./wk
was u ooit langdurig ziek	☐	☐	_____
bent u ooit door een specialist behandeld	☐	☐	_____
bent u ooit opgenomen in het ziekenhuis	☐	☐	_____
heeft u ooit wat gebroken	☐	☐	_____
heeft u ernstige/langdurige blessures gehad	☐	☐	_____
komen er ziektes in de familie voor	☐	☐	_____

voor vrouwen

op welke leeftijd trad uw eerste menstruatie op _____

om de hoeveel dagen treedt uw menstruatie op _____

hoeveel dagen duurt uw menstruatie _____

heeft de menstruatie invloed op uw sportprestaties _____

gebruikt u de pil _____

hoe vaak bent u zwanger geweest _____

Z.O.Z.

persoonlijke Lausanne vragenlijst

	nee	ja	toelichting
Bent u wel eens bewusteloos geraakt tijdens of direct na inspanning	☐	☐	
Heeft u wel eens druk op de borst gehad	☐	☐	
Zo ja, kan deze druk op de borst worden uitgelokt door inspanning	☐	☐	
Heeft u tijdens inspanning wel eens druk op de borst, hoesten of buitensporige kortademigheid, zodanig dat de inspanning werd bemoeilijkt	☐	☐	
Bent u in het verleden behandeld of opgenomen voor astma	☐	☐	
Heeft u in het verleden wel eens een aanval van epilepsie gehad	☐	☐	
Is er in het verleden wel eens tegen u gezegd dat u moest stoppen met sport in verband met een hartziekte	☐	☐	
Bent u bekend met een hoge bloeddruk	☐	☐	
Bent u bekend met een hoog cholesterol	☐	☐	
Heeft u wel eens problemen met de ademhaling of hoesten tijdens inspanning	☐	☐	
Bent u wel eens duizelig tijdens inspanning	☐	☐	
Heeft u wel eens pijn op de borst tijdens of na inspanning	☐	☐	
Heeft u wel eens bemerkt dat uw hart op hol sloeg of dat het hart slagen oversloeg	☐	☐	
Bemerkt u wel eens een extreme vermoeidheid die niet past bij een normaal inspanningsniveau	☐	☐	
Bent u bekend met een hartgeruis	☐	☐	
Bent u bekend met ritmestoornissen	☐	☐	
Is er bij u een ander hartprobleem bekend	☐	☐	
Is er bij u recentelijk een ernstige virus infectie gediagnosticeerd (hartspier/vliesontsteking, Pfeiffer)	☐	☐	
Heeft u vroeger acuut reuma gehad	☐	☐	
Gebruikt u medicatie	☐	☐	
Zo ja, welke:			

Gebruikt u, of heeft u in de afgelopen 2 jaar medicatie gebruikt?

Zo ja, welke

☐ ☐

Bent u wel eens duizelig tijdens inspanning	☐	☐	
Heeft u wel eens pijn op de borst tijdens of na inspanning	☐	☐	
Heeft u wel eens bemerkt dat uw hart op hol sloeg of dat het hart slagen oversloeg	☐	☐	
Bemerkt u wel eens een extreme vermoeidheid die niet past bij een normaal inspanningsniveau	☐	☐	
Bent u bekend met een hartgeruis	☐	☐	
Bent u bekend met ritmestoornissen	☐	☐	
Is er bij u een ander hartprobleem bekend	☐	☐	
Is er bij u recentelijk een ernstige virus infectie gediagnosticeerd (hartspier/vliesontsteking, Pfeiffer)	☐	☐	
Heeft u vroeger acuut reuma gehad	☐	☐	
Gebruikt u medicatie	☐	☐	
Zo ja, welke:			

Gebruikt u, of heeft u in de afgelopen 2 jaar medicatie gebruikt?

Zo ja, welke

☐ ☐

familiale Lausanne vragenlijst (naaste familieleden, maar ook (achter)neven en – nichten)

Is er bij u in de familie iemand jonger dan 50 jaar:

• plots en overwacht overleden	☐	☐
• behandeld voor regelmatig flauwvallen	☐	☐
• met onverklaarde trekkingen	☐	☐
• tijdens het zwemmen onverklaard verdronken	☐	☐
• onverklaard verongelukt in het verkeer	☐	☐
• met een harttransplantatie	☐	☐
• met een pacemaker of ICD (inwendige defibrillator) implantatie	☐	☐
• behandeld voor een onregelmatige hartslag	☐	☐
• aan het hart geopereerd	☐	☐
Is er iemand in de familie overleden aan wiegedood	☐	☐
Komt er bij u in de familie iemand met het syndr. van Marfan voor	☐	☐
Is er iemand in de familie bekend met hartritmestoornissen	☐	☐

opmerkingen/aanvullingen

Bijlage 7: Operationalisatie schema

Onderzoeksvraag:

Wat is de relatie tussen de maximale zuurstofopname (VO_{2max} (ml/kg/min) en de ventilatoire responstijd (sec) tijdens een maximale RAMP-fietsergometertest bij mannelijke amateur-wielrenners?

Definitie begrip/concept (uit onderzoeksvraag)	Dimensie (Hier staan de termen uit de definitie van je concept)	Indicator (Hier komen de indicatoren waarmee je die dimensie kunt meten)	Meetwaarden (Schrijf hier de meetinstrumenten waarmee je de indicator kunt meten)	Antwoord categorieën (Noteer hier de antwoord categorieën van de meeteenheden)
Maximale zuurstofopname VO_{2max} (ml/kg/min) <i>De maximum hoeveelheid zuurstof die het lichaam tijdens maximale inspanning kan opnemen. Deze waarde wordt beïnvloed door de conditie van het hart, de longen, de bloedvaten en het zuurstof opnamevermogen van de spieren</i>	Maximale Zuurstofopname Maximale inspanning Weergave in ml/min/kg Conditie (hart, longen, bloedvaten) Zuurstofopname vermogen van de spieren	De VO_{2max} (ml/kg/min) meet de maximale hoeveelheid zuurstof die je iedere minuut op kan nemen.	Spiro-ergometrie (ademgasanalyse) bij een maximale fietstest	VO_{2max} (ml/kg/min)
Ventilatoire responstijd (vertragingstijd) <i>De vertragingstijd van het ademhalingsstelsel op acute inspanning naar mate het zwaarder worden van de intensiteit (vermogen)</i>	Vertragingstijd Ademhalingsstelsel Intensiteit (vermogen)	Zwaarder maken van de intensiteit (vermogen) Acute inspanning (vanuit stilstand, ineens een acute	Maximale fietstest in combinatie met spiro-ergometrie (ademgasanalyse) Protocol: - RAMP protocol - Blokprotocol	Ventilatoire respons > Tijd in sec. RCP HR

		inspanning leveren, inclusief per blok zwaarder wordende intensiteit) Het omslagpunt controleren	- Controle RAMP protocol , nieuw berekenende omslagpunt op basis van de vertragingstijd. Inclusief steady state tempo van 15 minuten.	
Maximale ergometer fietstest <i>Maximale inspanningstesten zijn belangrijke klinische meetinstrumenten om de (stress)- respons van verschillende fysiologische systemen (onder andere hart, longen en spieren) vast te leggen.</i>	Meetinstrument respons van verschillende fysiologische systemen - Hart - Longen - Spieren	Fysiologisch systeem; hart > hartslagfrequentie, slagvolume etc. Fysiologisch systeem; longen > zuurstof opname/afgifte Fysiologisch systeem; spieren > meten van de lactaatsdrempel	- ECG - Ademgasanalyse - Analyses om omslagpunten te bepalen - Lactaat meting door middel van een prikje in de oorlel.	Protocol: - 350 - 400
RAMP protocol <i>Stapsgewijs oplopend protocol, waarbij de belasting stapsgewijs wordt opgevoerd. (per minuut)</i> <i>Gelijkmatiger belastingsprotocol waarbij het lineaire karakter tussen belasting en zuurstofopname beter gewaarborgd is zodat een nauwkeuriger bepaling van de zuurstofopname (VO₂-piek) mogelijk is.</i>	Belasting Belastingsprotocol Lineaire karakter tussen belasting en zuurstofopname	In vermogen (Wattage) Opvoeren van het vermogen in wattages Analyse van het gefietste vermogen in combinatie met het meten van de zuurstof opname/afgifte.	Belasting (vermogen in wattage) van de ergometer zelf verhogen op basis van het vaste protocol (RAMP) Ademgasanalyse/analyse gefietste vermogen.	Max power (Watt) Max HR RCP HR RCP power

	Bepaling zuurstofopname (VO2-piek)	Analyse zuurstofopname/afgift e. In de grafiek de hoogste gemeten Vo2 opname per ml/min/kg.		
Mannelijke <i>Met (fysiologische) eigenschappen/kenmerken van een man</i>	Fysiologische eigenschappen: De wetenschap van het functioneren van het menselijk lichaam Cardiorespiratoir: - Longen: Longinhoud/longvolu me /diffussieoppervlak - Hart: HMP - Spieren: Verhoogde spiermassa			
Amateur sporters (<i>iemand die het niet als beroep doet maar voor zijn of haar plezier</i>)	Plezier; iets leuk vinden, ergens plezier om hebben als sportbeoefenaar.	Criteria populatie/steekproef vaststellen: - Sporten niet als beroep, je mag er niet mee verdienen - Aantal keren dat er		

		minimaal per week gefietst moet worden door testpersoon.		
Wielrenners <i>Een wielrenner (kortweg: renner) is iemand die de wielersport beoefent. Het vrouwelijk equivalent van wielrenner is wielrenster. Er zijn verschillende soorten wielrenners, zo kennen we de wegwielrenner, de baanwielrenner, de veldrijder en de BMXrijder. Een wielrenner rijdt op een racefiets, een racefiets heeft dunnere banden dan een mountainbike.</i>	Wielersport; Sport van het wielrennen Sport: Lichamelijke activiteit voor plezier of beroep. Het heeft als doel het lichaam of de hersenen te stimuleren naar meer, hetzij dmv lichamelijke bewegingen en-of denkoefeningen. Wegwielrenner; fietsen op de weg Racefiets; fiets met dunne banden	Criteria populatie/steekproef vaststellen: - Wegwielrenners (fietsen op de weg) - Racefiets met dunne banden - Fietsen voor plezier		