



MSPT Pilot-onderzoek

Kracht omzetten in acceleratievermogen

Is het mogelijk middels krachttraining het acceleratievermogen
van wielrenners te verbeteren?

Thesis

Roland van Erp sportfysiotherapeut NVFS®
December 2008

Master of Specialised Physical Therapy (MSPT), AVANS⁺, Breda

Begeleider

Maarten Barendrecht sportfysiotherapeut MSPT

Promotor

Prof. dr. B.C.M. Smits – Engelsman

Examencommissie

Prof. dr. Ir. J.J. Krabbendam (Chancellor)

Prof. dr. B.C.M. Smits – Engelsman (Chairperson)

Drs. Y. Westenberg (Secretary)



Samenvatting

Tot nu toe hebben een beperkt aantal onderzoeken zich gericht op het effect van krachttraining bij wielrenners. In eerder onderzoek van Bastiaans et al.⁽²⁾ wordt het effect beschreven van krachttraining op het duurvermogen. In het huidige pilot-onderzoek werd echter het effect van krachttraining op het acceleratievermogen van wielrenners onderzocht.

Om dit te onderzoeken ondergingen 30 wielrenners, evenredig verdeeld over 3 groepen, een 24 weken durend trainingsprogramma. Een groep (code KHD) onderging een krachttrainingsprogramma bestaande uit 'vrije oefeningen'. Een groep (code KWF) onderging een krachttrainingsprogramma bestaande uit 'krachttraining op de wielervedi'. Een groep (code WF) onderging een 'normaal' trainingsprogramma op de wielervedi.

Het totale trainingsvolume voor de drie groepen tijdens het trainingsprogramma was gelijk, maar bij de KHD- en KWF groep was een deel van de wielervedi vervangen door krachttraining.

Voor en na afloop van het trainingsprogramma werd een 'Wingate-test' afgenomen bij 24 wielrenners om het acceleratievermogen te meten. Er werden 7 parameters

vastgelegd die een indicatie geven van het acceleratievermogen.

Uit de resultaten kwam voor de totale groep een significante verbetering naar voren voor: het Piekvermogen/kg (PP/kg) met 0.9 W/kg van 23.3 W/kg (± 2.4) naar 24.2 W/kg (± 2.4) ($p=.006$), het Gemiddeld Piekvermogen (MP/kg) met 0.2 W/kg van 10.3 W/kg (± 0.7) naar 10.5 W/kg (± 0.8) ($p=.003$) en een significante verslechtering van de Vermoeidheidsindex (FI) met 2.3W/sec. van 46.9 W/sec. (± 8.2) naar 49.2 W/sec. (± 8.0) ($p=.042$). Het significantieniveau was gesteld op $\alpha=.05$. Het vervangen van een deel van de reguliere wielervedi door krachttraining middels 'vrije oefeningen' volgens de Rehaboom® (KHD groep) had, vergeleken met krachttraining op de fiets of alleen wielervedi, geen significant effect op deze parameters. De vooruitgang van de KHD groep ten opzichte van de KWF- en WF groep was wel het grootst op de volgende parameters: Piekvermogen (PP) ($p=.094$), Gemiddeld vermogen (MP) ($p=.171$), Piekvermogen/kg (PP/kg) ($p=.057$) en Gemiddeld Piekvermogen (MP/kg) ($p=.114$). .

Summary

Until now only a limited number of studies have investigated the effect of strength training on the performance of cyclist. The specific effect of strength training on aerobic performance was previously investigated by Bastiaans et al.⁽²⁾. It was concluded that replacing a portion of endurance training by explosive strength training prevents a decrease in short term performance without compromising gains in endurance performance of trained cyclists. The aim of this pilot-study however was to examine the influence of strength training on the *anaerobic* performance (sprint performance) of competitive cyclists.

30 amateur competition-level cyclists were divided into 3 groups, each completing a 24 week training program. The first group (code KHD) participated in a strength training program, which consisted of free weight exercises. The second group (code KWF) also participated in a strength training program, which was performed on the cyclists' own racing bicycle. The third group (code WF) performed their

'standard' training routine on their own racing bicycle without strength training. The total amount of training in each group was equal, with part of the normal cycling training replaced by strength training for the KHD and KWF groups.

Before and after the training program subjects performed a 'Wingate-test'. Seven markers were scored relating to anaerobic performance.

Combined results for all subjects showed a significant increase in Peakpower/kg (PP/kg) ($p=.006$), Meanpower/kg (MP/kg) ($p=.003$), and a significant decrease on the Fatigue index (FI) ($p=.042$). We observed no significant effects on anaerobic markers when specifically comparing KHD to KWF and WF. However, the greatest increases (KHD-group) were observed in the following markers: Peakpower (PP) ($p=.094$), Meanpower (MP) ($p=.171$), Peakpower/kg (PP/kg) ($p=.057$) and Meanpower/kg (MP/kg) ($p=.114$).



Inleiding

Aanleiding voor het huidige onderzoek

Bij de begeleiding van geblesseerde wielrenners in de sportfysiotherapiepraktijk is krachttraining een vast onderdeel. Veelal wordt hierbij in Nederland door sportfysiotherapeuten een opbouw volgens de principes van de Rehaboom®⁽⁹⁾ gebruikt. Omdat ook gezonde wielrenners gebruik maken van krachttraining, is het interessant om te weten of krachttraining opgebouwd volgens de Rehaboom® een positief effect heeft op de wielprestatie en in het bijzonder op het acceleratievermogen van wielrenners.

Huidige stand van zaken

Er is tot nu toe nog maar op een beperkte schaal onderzoek verricht naar de effecten van krachttraining bij wielrenners. Onder impuls van de verwetenschappelijking van de begeleiding van (prof)wielrenners wordt er steeds meer onderzoek gedaan naar de effecten van krachttraining(methodes) bij deze sporters. In een beperkt aantal onderzoeksartikelen wordt inmiddels een redelijke variatie aan krachttrainingmethodes beschreven⁽¹¹⁾. Deze methodes richten zich op het versterken van ofwel type I^(2,10,14) ofwel type II spiervezels⁽¹¹⁾. Type I vezels hebben een aeroob (tonisch) karakter en worden ook wel langzame oxydatieve vezels genoemd terwijl type II vezels een anaeroob (fasisch) karakter hebben en ook wel snelglycolytische vezels genoemd worden.

De volgende krachttrainingmethodes worden in de literatuur beschreven: maximaalkracht-, krachtuithoudings-⁽²⁾ en de snelkrachtmethode⁽¹¹⁾. De maximaalkrachtmethode^(14,10) heeft ten doel type I vezels te versterken waardoor het krachtpotentiaal verhoogd wordt en de mechanische effectiviteit verbetert. Bij een hoger krachtpotentiaal heeft men relatief minder pedaalkracht nodig ten opzichte van een lager krachtpotentiaal, bij een bepaalde inspanning, waardoor er minder type II vezels ingeschakeld hoeven te worden en inspanningen langer kunnen worden volgehouden. Vanwege de energetische effectiviteit van de type I vezels richt de krachtuithoudingsmethode⁽²⁾ zich ook op dit type vezels. Het kost namelijk minder glucose om type I- kracht te laten leveren dan type II vezels. De snelkrachtmethode⁽¹¹⁾ daarentegen heeft als doelstelling middels krachttraining de type II vezels te versterken en lactaatadaptatie te bewerk-



stelligen. Hierdoor is een renner in staat meer kracht te leveren met lagere lactaatwaarden. Paton et al.⁽¹⁴⁾ voerden een programma uit dat bestond uit een combinatie van explosieve interval- en maximaalkrachttraining. Doel van het programma was het versterken van type II vezels met lactaatadaptatie. Er werd progressie geboekt in sprint- en uithoudingsvermogen. Paton et al. schrijven deze verbetering van het anaerobe vermogen toe aan een verhoging van de anaerobe drempelwaarde (het omslagpunt van energieleverantie zonder gebruik van zuurstof naar energieleverantie met gebruik van zuurstof).

Met name krachttraining met als doel het versterken van type I spiervezels heeft als nadeel dat het beperkt sportspecifiek is omdat de trapfrequentie waarbij type I spiervezels nog vermogen kunnen leveren (neurogeen) begrensd is tot 50-60 omw./min.⁽²⁾. In wedstrijdsituaties worden echter aanzienlijk hogere trapfrequenties bereikt (100-120 omw./min. bij 600 W⁽¹³⁾). Het vermogen wordt dan grotendeels geleverd door type II vezels tijdens de trapbeweging.

Naast het belang van de sportspecifieke snelheid is het tevens van belang te beseffen dat bij de samenstelling van de programma's het benaderen van sportspecifieke hoeken en hoeksnelheden zoals die tijdens het wielrennen optreden een zeer belangrijke factor is in de effectiviteit van krachtprogramma's^(2,11).

Uit de hierboven beschreven diversiteit aan methodes valt in ieder geval op te maken dat er nog geen eenduidigheid bestaat welke methode het meest effectief is voor wielrenners⁽¹¹⁾ en op welk onderdeel van het wielrennen deze verschillende methoden het meeste effect hebben.

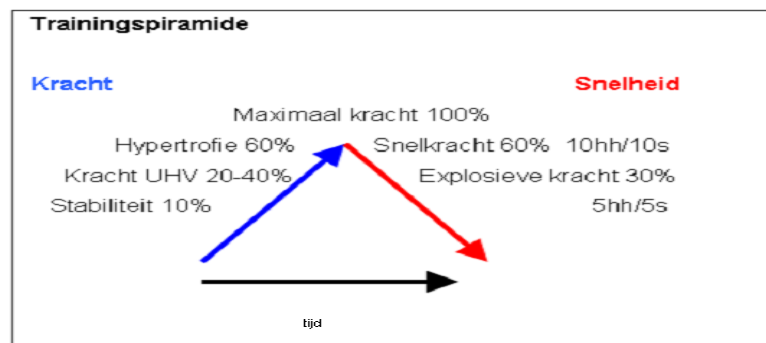
Acceleratievermogen en krachttraining

De wielrenners die in de sportfysiotherapiepraktijk begeleid worden zijn veelal actief in criteria; wedstrijden van 50-60 ronden over een parcourslengte van 1-3 km. met daarin opgenomen 10-15 bochten. De wedstrijden worden gekenmerkt door hoofdzakelijk intervalbelastingen (<30 sec.) waarbij er steeds over een korte afstand (25-250 m.) geaccelereerd moet worden. Een goed ontwikkeld acceleratievermogen speelt dan ook een zeer belangrijke rol in deze tak van de wielersport.



Er is een hoge positieve correlatie ($r=0.82$; $p<.001$) tussen het vermogen wat een renner kan leveren en zijn wielprestaties⁽²⁾. Verhoging van zowel de kracht als de trapsnelheid ($P = F \times v$) draagt ertoe bij dat er meer vermogen geleverd kan worden. Vaak is echter de tragsnelheid de beperkende factor daar deze laatste fysiek begrensd is en daardoor blijft de enige optie om nog vermogenswinst te boeken, het leveren van meer kracht. Zo vonden Peterson et al.⁽¹⁵⁾ dat de mate van maximale kracht, acceleratie, sprintsnelheid en maximaal vermogen in zeer hoge mate ($r=0.81$; $p<.001$) correleren met elkaar. Een toename van (pedaal-)kracht is mogelijk middels (specifieke) krachttraining⁽²⁾. Ook speelt de anaerobe energievoorziening tijdens het leveren van acceleratievermogen een grote rol⁽⁴⁾. Het is dan ook belangrijk aandacht te besteden aan anaerobe uithoudingsvermogentraining naast krachttraining.

Een mogelijkheid om kracht- en uithoudingsvermogentraining te kunnen combineren in een trainingsprogramma is de Rehaboom⁽⁹⁾. Dit is een in de sportfysiotherapie veel gebruikte methode. Het is een geprotocolleerd programma waarin de belasting op een ge-gradueerde manier verhoogd wordt. Vraag is of met behulp van deze methodiek ook het acceleratievermogen verbetert van wielrenners. Het krachttrainingsprogramma dat daaraan ten grondslag zou moeten liggen zou sportspecifiek moeten zijn en zich in tegenstelling tot andere methodes richten op het versterken van zowel type I (**kracht**) als type II vezels (**snelheid**). In de Rehaboom®-methode noemt men dit het trainingspiramide-principe; een opbouw in kracht gevolgd door een opbouw in snelheid (Figuur 1).



Figuur 1 De relatie tussen de opbouw in kracht % 1RM (rekruteren kg) en de opbouw in snelheid (rekruteren snelheid).



Doel onderzoek

Het huidige onderzoek was opgezet om krachttraining middels 'vrije oefeningen' (gebaseerd op de Rehaboom®) bij wielrenners te vergelijken met krachttraining op de wielervedierts en met wielervedierts training zonder krachttraining. Vergeleken werd het effect van de drie trainingsmethoden op de ontwikkeling van het acceleratievermogen. De ontwikkeling van het acceleratievermogen werd gemeten middels een 'Wingate-test' (versie 30 sec., 0.8 Nm/kg.) op een fietsergometer.

Onder de term acceleratievermogen werd in het huidige onderzoek bedoeld het vermogen van een wielervedierts om vanuit stilstand, binnen een bepaalde tijdsperiode (30 sec.), maximaal te kunnen versnellen (accelereren).

Onderzoeksvraag

Het onderzoek is opgesteld om een antwoord te geven op de volgende vraag:

Heeft het volgen van een 6 maanden durend krachttrainingsprogramma middels 'vrije oefeningen', gebaseerd op de methodiek van de Rehaboom®, binnen het normale trainingsvolume, tot effect dat het acceleratievermogen van wielervedierts toeneemt ten opzichte van dat van wielervedierts die gedurende diezelfde periode of krachttraining uitvoeren op de fiets of hun standaard wielervedierts training uitvoeren zonder krachttraining?

Theoretische achtergrond trainingsprogramma

Rehaboom®

De methodiek van de Rehaboom®⁽⁹⁾ is een 'practise based evidence' model voor de opbouw van (revalidatie-)training. Het maakt gebruik van een stroomschema waarin de opbouw van de grondmotorische eigenschappen geprotocolleerd verloopt. In het huidige onderzoek wordt slechts een deel van het totale stroomschema doorlopen. Voor een meer uitgebreide uitleg verwijs ik naar het boek van Toine van de Goolberg (zie Literatuurlijst), waar het totale stroomschema wordt beschreven.

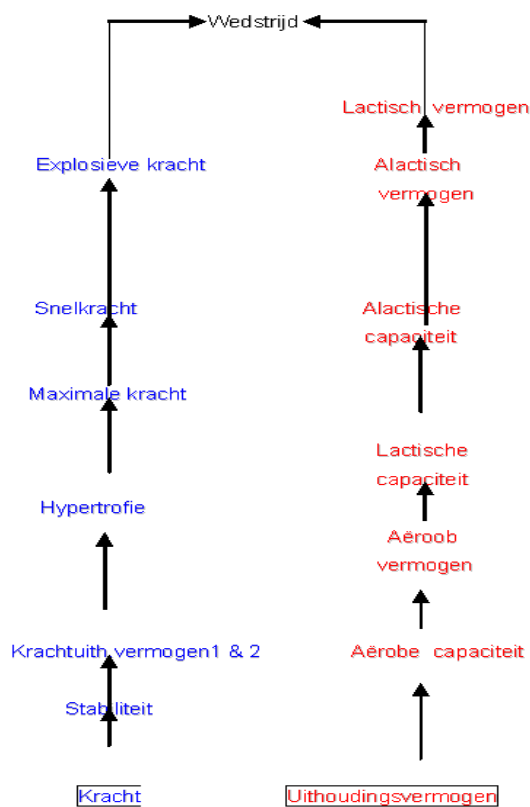


Sportanalyse

Voorafgaande aan de keuze van de diverse protocollen wordt er een sportanalyse uitgevoerd. Aan de hand van de specifieke eisen die de tak van sport stelt, alsmede het sportniveau en de trainingsdoelstelling, wordt een specifiek stroomschema samengesteld. Dit komt binnen de (kracht-)protocollen onder andere tot uiting door: toegestane range of motion (ROM), uitvoeringsnelheid en oefenstof.

Stroomschema

De Rehaboom®⁽⁹⁾ is een instrument (stroomschema) bij training van de grondmotorische eigenschappen: kracht, snelheid en uithoudingsvermogen. Er wordt vanuit gegaan dat de andere grondmotorische eigenschappen coördinatie en lenigheid automatisch aanwezig zijn in alle elementen van de Rehaboom. Hierdoor bestaat het stroomschema dan ook uit drie peilers. Er wordt gestart met een lage belasting waarna de belasting geprotocolleerd steeds verder geïntensiveerd kan worden.



Figuur 2 (Deel) Stroomschema Rehaboom®



In kader van het in het huidige onderzoek gebruikte trainingsprogramma is gekozen voor een aangepast stroomschema omdat de peiler snelheid geïntegreerd is in de trainingsprotocollen van het uithoudingsvermogen. Figuur 2 geeft daarom maar twee peilers weer: **kracht** en **uithoudingsvermogen**.

Pas nadat een oefenprotocol op een lager niveau tijdens een 'try-out' technisch correct met voldoende stabiliteit uitgevoerd wordt binnen een Range of Motion behorende bij de wielersport, kan er (na fliering van de onderzoeker) doorgestroomd worden naar een hoger niveau. Het sportspecifieke element binnen de uithoudingsvermogenprotocollen komt onder andere tot uiting in: uitvoeringssnelheid, series, duur, pauze en aantal herhalingen. De voorwaarde om door te stromen naar een hoger uithoudingsvermogen-protocol is; afhankelijk van het gekozen protocol, een geprotocolleerd aantal keer een afstand afleggen binnen een bepaalde tijdsduur (\pm bandbreedte) exclusief serie- en herhalingspauze.

Methode

Onderzoekspopulatie

Via de websites van enkele wielerverenigingen is een oproep geplaatst voor deelname aan het huidige onderzoek. Een groep van veertig geïnteresseerde renners meldde zich aan. Onder de potentiële deelnemers bevond zich een substantieel deel mountainbikers (58%). Om de onderzoekspopulatie voldoende groot te laten zijn is er voor gekozen om hen wel mee te laten doen in het onderzoek onder de voorwaarde dat minimaal 25% van hun wedstrijdprogramma bestond uit het rijden van criteria (wegwedstrijden) en 75% van hun trainingsprogramma bestond uit trainingen op de weg.

Inclusiecriteria om deel te nemen aan het onderzoek waren: de renners moesten KNWU-wielerlicentiehouder zijn en niet actief zijn in wedstrijden in de periode oktober t/m maart, een wielertainingleeftijd bezitten van minimaal 5 jaar, deelnemen aan wegwedstrijden in 2007, de intentie hebben dit in 2008 ook te gaan doen, fietsen met clipless pedaalsystemen en bekend zijn met het uitvoeren van testen op een fietsergometer. Exclusiecriteria waren: een minimum leeftijdsgrens voor deelname van 17 jaar (deelname aan krachttraining vormt een risico voor adolescenten ⁽¹⁶⁾) en eerder hebben



deelgenomen aan krachttraining. De renners werden op basis van trainingskalenderleeftijd, trainingsvolume, wielercategorie, -discipline en de persoonlijke voorkeur van de renner voor een trainingsvorm aan verschillende onderzoeksgroepen toegewezen door de onderzoeker: een onderzoeksgroep die een deel van hun wielertaining verving door krachttraining met 'vrije gewichten' ter vervanging van een deel van de wielertaining (code KHD), een onderzoeksgroep die een deel van de wielertaining verving door krachttraining op de fiets (code KWF) en een onderzoeksgroep die alleen wielertaining op de fiets deed (code WF).

Tien potentiële deelnemers werden uiteindelijk niet in het onderzoek opgenomen: drie deelnemers omdat ze ervaring hadden met krachttraining, vier deelnemers omdat ze niet de intentie hadden in 2008 deel te nemen aan wedstrijden en drie deelnemers omdat ze nog niet de 17-jarige leeftijd hadden bereikt.

Tabel 1 Eigenschappen van de proefpersonen

| Groep | | <i>KHD</i> | | <i>KWF</i> | | <i>WF</i> | |
|-------------------|--------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| | | <i>n=8</i> | <i>(SD)</i> | <i>n=8</i> | <i>(SD)</i> | <i>n=8</i> | <i>(SD)</i> |
| Leeftijd | (jr) | 29.6 | 7.9 | 28.9 | 8.0 | 29.9 | 10.5 |
| Gewicht | (kg) | 72.8 | 7.5 | 73.5 | 6.4 | 72.3 | 7.0 |
| LBM | (kg) | 67.5 | 7.0 | 63.7 | 4.9 | 64.0 | 5.8 |
| Trleeftijd | (jr) | 12.2 | 6.5 | 12.4 | 6.3 | 12.6 | 7.2 |
| Trvolume start oz | (u/wk) | 12.2 | 2.9 | 12.3 | 2.5 | 12.7 | 2.9 |

De waarden zijn gemiddelden \pm (SD). jr=jaar kg=kilogram u=uur wk=week oz.=onderzoek tr.=trainings- LBM =vetvrije massa

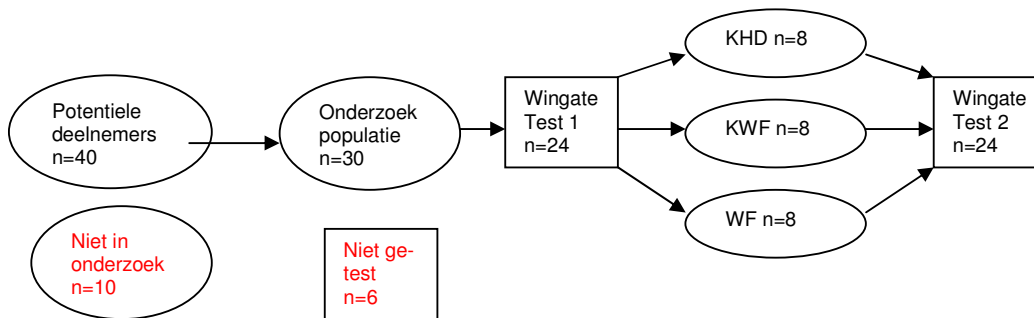
De onderzoekspopulatie bestond na de toewijzing uit twee experimentele groepen en één controle groep van elk 10 wielrenners. Nadat zij informatie hadden ontvangen over het programma inclusief de risico's die verbonden zijn aan de uitvoering van krachttraining, gaf elke deelnemer zijn schriftelijke toestemming voor deelname aan het onderzoek. Zes deelnemers hebben niet deelgenomen aan één of beide testen. Eén deelnemer viel uit vanwege de gevolgen van de ziekte van Pfeiffer, vier deelnemers vanwege gekneusde ribben en/of schaafwonden en één deelnemer wegens privéomstandigheden. De blessures waren niet te wijten aan deelname aan



krachttraining en werden voornamelijk veroorzaakt door valpartijen. Hierdoor bleven uiteindelijk 24 renners (8 per groep) over voor analyse. Er waren geen significante verschillen in de gemiddelde basiswaarden voor de verschillende groepen (Tabel 1).

Onderzoeksopzet

De drie verschillende groepen wielrenners namen deel aan een trainingsprogramma van 24 weken dat plaatsvond buiten het wedstrijdseizoen. Uit een sportanalyse door de onderzoeker kwam naar voren dat de grondmotorische eigenschappen (explosieve) kracht en (anaeroob) uithoudingsvermogen zeer belangrijk zijn voor criteriumrenners. Op basis van de sportanalyse werd er een trainingsprogramma samengesteld volgens de Rehaboom®⁽⁹⁾.



Figuur 3 Onderzoeksdesign

De KHD groep onderging een krachttrainingsprogramma bestaande uit 'vrije oefeningen'. Het krachttrainingsprogramma bestond uit hoofd- en bijoefeningen. De KWF groep onderging een krachttrainingsprogramma bestaande uit 'krachttraining op de wielerveds'. De WF groep onderging het 'normale' trainingsprogramma op de wielerveds. Het onderzoeksdesign is te zien in Figuur 3. Het acceleratievermogen werd voor en na afloop van het trainingsprogramma gemeten.

Opbouw trainingsprogramma

Aan krachttraining werd deelgenomen door de KHD- en KWF groep. Daarnaast namen alle groepen deel aan dezelfde geprotocolleerde uithoudingsvermogenstraining. Alle trainingsgegevens waaronder de hoeveelheid trainingsuren werden vastgelegd in trainingslogboeken en wekelijks gemaild naar de onderzoeker. De hoeveelheid trainingsuren (kracht- en wielervedstraining) werd gecontroleerd door de onderzoeker. De krachttraining op de fiets alsmede de uithoudingsvermogenstrainingen werden begeleid



door ervaren, gediplomeerde wielerstrainers. Middels een telefonisch spreekuur was er desgewenst overleg met de onderzoeker mogelijk voor alle groepen.



Het krachttrainingsprogramma (*middels 'vrije oefeningen'*) voor de KHD groep werd samengesteld en begeleid in een trainingsruimte door de onderzoeker. De uitvoering (coördinatie) en intensiteit (snelheid) van de oefeningen werden gecontroleerd door de onderzoeker. Het programma bestond uit 6 Hoofdoefeningen (benen) en 10 Bijoefeningen (romp en armen).

De oefenstof van de hoofdoefeningen in de krachtprotocollen stabiliteit tot en met maximaalkracht bestond uit: Squat^(2-benig), Goodmorning, Lunge, Step-up, Deadlift en Lungesquat. Deze oefeningen werden vanwege het vereiste tempo en de daarmee samenhangende technische uitvoerbaarheid, in de krachtprotocollen snel- en explosieve kracht, deels vervangen door respectievelijk: halve Squat, Goodmorning, Lunge, halve Step-up, Deadlift en Lunge squat side.

Het krachttrainingsprogramma voor de Hoofdoefeningen van de KHD groep werd opgebouwd volgens de Rehaboom® middels 7 krachtprotocollen van stabiliteit naar maximaal- en vervolgens naar explosieve kracht (Tabel 2).

Tabel 2 Krachtprotocollen KHD

| Krachtprotocollen Rehaboom® Hoofdoefeningen | belasting % 1RM | series | herha- lingen | pauze (min.) | super- comp. (uur) | tempo |
|---|--------------------|--------|------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|
| stabiliteit | 10 | 4 | 15 | 1 | 12 | langzaam |
| krachtuithoudingsvermogen I | 20 | 4 | 20 | 1 | 24 | 1-0-1 |
| krachtuithoudingsvermogen II | 40 | 4 | 20 | 1 | 24 | 1-0-1 |
| hypertrofie | 75 | 4 | 10 | 2 | 48 | 1-0-2 |
| maximale kracht | 100 | 4 | 4 | 4 | 72 | explosief |
| snelkracht | 60 | 4 | 10 | 4 | 72 | 10hh/ 10sec. |
| explosieve kracht | 30 | 4 | 10 | 4 | 72 | 5hh/ 5sec. |

%1RM= % benodigd om belasting in kg. te bepalen min.=minuten supercomp.=supercompensatietijd



Afhankelijk van de uitvoeringswijze en ‘feedback’ van de renner werd door de onderzoeker bepaald of de renner kon overgaan naar een volgend krachtprotocol. Maatstaven om al dan niet over te gaan op een krachtprotocol met een hogere intensiteit waren: gecoördineerd bewegen, ritme, sportspecifieke Range of Motion.



Het krachttrainingsprogramma voor de KWF groep bestond uit *krachttraining op de racefiets* en had een opbouw middels 3 krachtprotocollen (Tabel 3) van maximaal- naar explosieve kracht en was samengesteld door de onderzoeker in samenspraak met de desbetreffende wielertainer. Intensiteit en uitvoering van het programma werden gecontroleerd door diezelfde wielertainer. Deze maakte voor de tijdsbewaking gebruik van een stopwatch.

Tabel 3 Krachtprotocollen KWF

| Protocol | verzet | series | hh | duur (sec.) | hhpauze (sec.) | seriepauze (sec.) | trapfreq. (omw./min) |
|------------------------------|---------|--------|----|----------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| maximaalkracht | 53 x 11 | 4 | 5 | 120 | 60 | 600 | 60-80 |
| snelkracht | 53 x 13 | 4 | 15 | 15-20 | 30 | 300 | 100-120 |
| explosieve kracht | 53 x 16 | 4 | 10 | 10 | 20 | 300 | max. |

verzet= verhouding tussen tandwiel voor en tandwiel achter; bepaalt de afgelegde weg per omwenteling



De WF groep volgde hun ‘normale’ wielersprogramma op de eigen racefiets (*geen krachttraining*). Het wielerstrainingsprogramma voor de WF groep werd samengesteld door de desbetreffende wielertainer in samenspraak met de onderzoeker. Intensiteit en uitvoering van het programma werden gecontroleerd door diezelfde wielertainer. Deze maakte voor de tijdsbewaking gebruik van een stopwatch.

Alle drie de groepen voerden tevens een identiek trainingsprogramma ter verbetering van het uithoudingsvermogen uit als onderdeel van hun programma. In Tabel 4 zijn de uithoudingsvermogenprotocollen te zien met hun variabelen.



Tabel 4 Uithoudingsvermogenprotocollen KHD-KWF-WF

| Uhv-Protocol | w-up (sec.) | series | hh. | duur (sec) | herhalings- pauze (sec.) | seriepauze (sec.) | hartfreq. (sl./min.) | % max. snelheid |
|-----------------------------------|----------------|--------|-----|---------------|--------------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------|
| Rehaboom | | | | | | | | |
| Richtwaarden | | | | | | | | |
| lactische capaciteit | 600 | 2 | 10 | 120 | 60 | 180 | 170-180 | 80-85% |
| a-lactische capaciteit | 600 | 3 | 5 | 20 | 30 | 600 | 180-190 | 90-95% |
| a-lactisch vermogen | 600 | 3 | 5 | 10 | 120 | 600 | 190-200 | 95-100% |
| lactisch vermogen | 600 | 2 | 1 | 40 | X | 320 | 180-190 | 85-90% |

Uhv= uithoudingsvermogen w-up= warming up hh=herhalingen sec.=seconden hartfreq.=hartfrequentie sl.=slagen min.=minuut

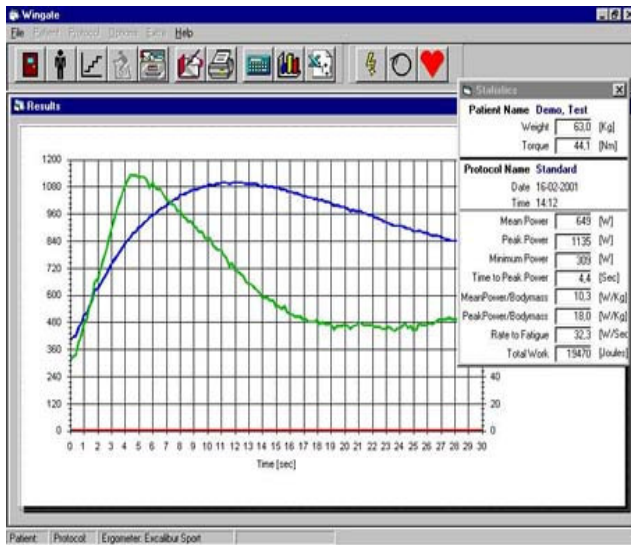
Het uithoudingsvermogenprogramma had tot doel het verbeteren van de anaerobe capaciteit, gevolgd door het verbeteren van het anaerobe vermogen. Dit zowel in het lactische- als het a-lactische systeem. De intensiteit werd gecontroleerd middels de waarde van de eigen hartslagmeter (Polar, Kempele, Finland). Als alternatief kon de intensiteit van het programma gecontroleerd worden door tijdsmeting met een stopwatch, op een parcours waarvan de lengte bekend was.

Wingate-test

Om het effect van het trainingsprogramma te meten werd gebruik gemaakt van de 'Wingate-test'. Deze test is een veelgebruikte methode in sportmedische instellingen (SMI), om het acceleratievermogen in te kunnen schatten. Arslan et al.⁽¹⁾ vonden een significante positieve correlatie ($r=0.84$; $p<.001$) tussen de mate van explosieve kracht, gemiddeld vermogen, piekvermogen, anaeroob vermogen en de 'Wingate-test'. Glaister et al.⁽⁸⁾ deden onderzoek naar de betrouwbaarheid van de 'Wingate-test' en vonden een gemiddelde betrouwbaarheid op reproduceerbaarheid van de test ($r=0.94$; ± 0.03). Hierbij wordt opgemerkt dat de meting van het gemiddeld vermogen betrouwbaarder is dan de meting van het piekvermogen. Beneke et al.⁽⁴⁾ schrijven in hun onderzoek dat de validiteit van de 'Wingate-test' niet nauwkeurig vastgesteld kan worden vanwege het ontbreken van een (gouden) standaard. In hetzelfde onderzoek wordt de (lage) correlatie beschreven tussen de 'Wingate-test' en andere anaerobe veldtesten ($r=0.75$). Ondanks dat is de 'Wingate test' op dit moment de best bruikbare methode om veranderingen in het acceleratievermogen te kunnen detecteren.



Tijdens de 'Wingate test' worden zeven parameters vastgelegd: Gemiddeld vermogen (MP), Piekvermogen (PP), Minimaal Vermogen (MinP), Piekvermogen/kg. lichaamsgewicht (PP/kg.), tijd tot Piekvermogen in sec. (PP in sec.), Gemiddeld vermogen/kg. lichaamsgewicht (MP/kg.) en Vermoeidheidsindex (FI) (Figuur 3). Deze parameters geven een (indirect) beeld van het acceleratievermogen van de geteste renners⁽⁴⁾. De drie meest gebruikte parameters zijn: het Piekvermogen per kg/lichaamsgewicht (PP/kg), dit geeft een beeld van het anaerobe vermogen (verloop ATP/CP processen), het Gemiddeld vermogen per kg lichaamsgewicht (MP/kg), dit geeft een beeld van de anaerobe capaciteit (verloop anaerobe glycolyse) en de Vermoeidheidsindex (FI), dit geeft het verval weer van de 'power output' en derhalve ook een beeld van het anaerobe vermogen.



Weight = gewicht
Torque=remwaarde

MeanPower= Gemiddeld vermogen
PeakPower=Piekvermogen
MinimumPower=Minimum vermogen
Time to peak Power= tijd tot Piekvermogen in sec.
MeanPower/Boymass=Gemiddeld vermogen/kg.lichaamsgewicht
PeakPower/Bodymass=Piekvermogen/kg.lichaamsgewicht
Rate to fatigue=Vermoeidheidsindex
Total Work= Arbeid

Figuur 3 Uitsluitend Wingate-test groene lijn=vermogen/blauwe lijn=trapfrequentie/rode lijn=hartfrequentie

Testprocedure

De proefpersonen werden in de maand voorafgaande en in de twee maanden na afloop van het trainingsprogramma, getest middels de 'Wingate-test'. De testen werden uitgevoerd op een elektronisch geremde ergometer (Lode Excalibur Sport, Groningen, Nederland). Voorafgaand aan de test werden de proefpersonen gewogen en werd de hieraan gerelateerde Torque-waarde bepaald. De testpersoon werd overeenkomstig de maatvoering van de eigen fiets gepositioneerd op de met het eigen pedaalsysteem uitgeruste ergometer. De maatvoering werd opgeslagen en gebruikt bij de tweede test. De proefpersonen mochten niet trainen op de testdag. Ook mochten ze het uur vooraf-



gaand aan de test niet eten en geen koffie of andere cafeïnehoudende dranken tot zich nemen. De testen vonden plaats in een inspanningslaboratorium van het Maxima Medisch Centrum te Veldhoven onder begeleiding van de onderzoeker en een sportarts i.o.

Wingate-protocol

Om de uniformiteit in de wijze van testafname te waarborgen binnen het huidige onderzoek werd gebruik gemaakt van het onderstaande testprotocol.

- 1) Warming-up van 5 minuten met een Wattage van 100 Watt en een trapfrequentie naar eigen inzicht (ca 100-120 omw./min.).
- 2) Na deze 5 minuten volgt er 1 minuut pauze waarbij de renner niet trapt, als er 30 seconden verstreken zijn wordt gemeld door de onderzoeker waarna deze aftelt van 10 naar 1 seconde, start test.
- 3) Gedurende 30 seconden, vanuit stilstand, maximaal accelereren met een zo hoog mogelijke trapfrequentie, tegen een weerstand van 0.8 Nm/kg. lichaamsgewicht en deze trapfrequentie proberen te handhaven tijdens de test, waarbij de onderzoeker de renners aanmoedigt en vertelt wanneer 5, 10,15,20,25 seconden gepasseerd zijn. Er worden vermogens bereikt tijdens de test die variëren tussen 1000 en 2000 Watt.
- 4) Na de eigenlijke test volgt er een cooling-down van 5 minuten met een Wattage van 100 Watt en een trapfrequentie naar eigen inzicht (ca 60-70 omw./min.).

Statistiek

De data zijn geanalyseerd middels SPSS 15.0 for Windows (SPSS, Inc, Chicago, IL), met een significantieniveau dat was vastgesteld op 5% ($\alpha = .05$).

Vergelijking van de gemiddelde basiswaarden voor de verschillende trainingsgroepen werd gedaan met behulp van een one-way analysis of variance.

Middels multiële lineaire regressie werden de testresultaten van de drie groepen van de eerste en tweede 'Wingate-test' vergeleken in de tijd en tussen de groepen onderling.



Resultaten

Algemeen

De trainingstijden gedurende de onderzoeksperiode voor de verschillende groepen staan per onderdeel weergegeven in Tabel 5. Gemiddeld bedroeg het totale trainingsvolume 14.4 (\pm 2.9) uur per week over de gehele onderzoeksperiode. Er waren geen significante verschillen tussen de drie groepen onderling voor het totale trainingsvolume ($p=.920$) of het volume van het uithoudingsvermogenonderdeel ($p=.153$). Aangezien voor de KHD en KWF groep een deel van de wieltraining vervangen was door krachttraining, was voor deze groepen de tijdsbesteding aan wieltraining KHD (9.3 u/wk (\pm 2.0)); KWF (9.5 u/wk (\pm 2.1)) significant lager ($p=.004$) dan voor de WF groep (13.6 u/wk (\pm 2.5)). De tijdsbesteding aan krachttraining onderling tussen de KHD groep (4.1 u/wk (\pm 0.6)) en de KWF groep (3.5 u/wk (\pm 0.8)) was significant verschillend ($p=.035$).

Tabel 5 Trainingsvolume

| Groep | N | <i>kracht</i> | | <i>uithoudings</i> | | <i>wieler</i> | | <i>totaal</i> | |
|---------------|----|------------------|-------------|--------------------|-------------|------------------|-------------|-----------------|-------------|
| | | <i>Training</i> | <i>(SD)</i> | <i>training</i> | <i>(SD)</i> | <i>training</i> | <i>(SD)</i> | <i>training</i> | <i>(SD)</i> |
| | | (uur/wk) | | (uur/wk) | | (uur/wk) | | (uur/wk) | |
| KHD | 8 | 4.1 | 0.6 | 1.0 | 0.2 | 9.3 ^b | 2.0 | 14.4 | 3.2 |
| KWF | 8 | 3.5 ^a | 0.8 | 1.1 | 0.1 | 9.5 ^b | 2.1 | 14.1 | 2.3 |
| WF | 8 | | | 1.0 | 0.1 | 13.6 | 2.5 | 14.6 | 3.2 |
| Totaal | 24 | 3.8 | 0.7 | 1.0 | 0.1 | 10.8 | 2.2 | 14.4 | 2.9 |

wk=week

a) de tijdsbesteding aan krachttraining was significant lager $p=.035$

b) de tijdsbesteding aan wieltraining was significant lager $p=.004$

Het verschil in de waarde van het 1RM van de KHD groep wordt voor drie hoofd-oefeningen weergegeven in Tabel 6. Het 1 RM nam toe voor: Halve squat (23.0 kg), Dead-lift (19.0 kg) en Lunge (11.0 kg).



Tabel 6 Toename 1RM KHD groep

| Hoofdoefening | 1RM start | | 1RM einde | | verschil | |
|---------------|-----------|------|-----------|------|----------|----|
| | Waarde | (SD) | waarde | (SD) | (kg) | % |
| | (kg) | | (kg) | | (kg) | % |
| Halve squat | 69.0 | 9.0 | 92.0 | 8.9 | 23.0 | 33 |
| Dead-lift | 65.0 | 8.9 | 84.0 | 3.9 | 19.0 | 29 |
| Lunge | 41.5 | 6.7 | 52.5 | 5.7 | 11.0 | 27 |

1RM = 1 Herhalings maximum kg=kilogram

In Tabellen 7, 8 en 9 zijn de resultaten van voor en na de trainingsperiode voor de drie belangrijkste parameters uit de 'Wingate-test', respectievelijk het Piekvermogen per kilogram (PP/kg), het Gemiddeld vermogen per kilogram (MP/kg) en de Vermoeidheidsindex (FI). weergegeven. Zowel het gemiddelde van de individuele onderzoeksgroepen als dat van de totale groep is weergegeven.

Tabel 7 Testresultaten 'Wingate test' parameter Piekvermogen/kg. lichaamsgewicht

| Groep | N | Meting1 | | Meting2 | | Verschil | |
|---------------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|------------|-------------------------|
| | | waarde | (SD) | waarde | (SD) | abs. | rel. |
| PP/kg | | (W/kg) | | (W/kg) | | (W/kg) | (%) |
| KHD | 8 | 23.9 | 2.2 | 25.6 | 1.4 | 1.7 | 7.1 |
| KWF | 8 | 23.7 | 2.7 | 24.2 | 3.0 | 0.5 | 2.1 |
| WF | 8 | 22.1 | 2.3 | 22.9 | 1.7 | 0.8 | 3.6 |
| Totaal | 24 | 23.3 | 2.4 | 24.2 | 2.4 | 0.9 | 3.9 ^a |

a) De toename van PP/kg in de tijd is overall significant p=.006



Tabel 8 Testresultaten 'Wingate test' parameter Gemiddeld vermogen/kg. lichaamsgewicht

| Groep | N | Meting1 | | Meting2 | | Verschil | |
|---------------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|------------|-------------------------|
| | | waarde | (SD) | waarde | (SD) | abs. | rel. |
| MP/kg | | (W/kg) | | (W/kg) | | (W/kg) | (%) |
| KHD | 8 | 10.6 | 0.9 | 10.9 | 0.9 | 0.3 | 2.8 |
| KWF | 8 | 10.4 | 0.7 | 10.7 | 0.9 | 0.3 | 2.9 |
| WF | 8 | 9.9 | 0.4 | 10.0 | 0.4 | 0.1 | 1.0 |
| Totaal | 24 | 10.3 | 0.7 | 10.5 | 0.8 | 0.2 | 1.9 ^b |

b) De toename van de MP/kg in de tijd is overall significant $p=.003$

abs.=absoluut rel.=relatief PP/kg=Peakpower per kg MP/kg=Meanpower/kg FI=Fatigue Index W=Watt

Tabel 9 Testresultaten 'Wingate test' parameter Vermoeidheidsindex

| Groep | N | Meting1 | | Meting2 | | Verschil | |
|---------------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|------------|-------------------------|
| | | waarde | (SD) | waarde | (SD) | abs. | rel. |
| FI | | (W/sec.) | | (W/sec.) | | (W/sec.) | (%) |
| KHD | 8 | 47.1 | 7.5 | 52.1 | 7.9 | 5 | 10.6 |
| KWF | 8 | 47.4 | 8.9 | 46.8 | 9.1 | 0.6- | 5.5- |
| WF | 8 | 45.1 | 8.2 | 47.6 | 6.9 | 2.5 | 5.5 |
| Totaal | 24 | 46.9 | 7.8 | 49.2 | 8.0 | 2.3 | 4.9 ^c |

c) De toename van de FI in de tijd is overall significant $p=.042$

abs.=absoluut rel.=relatief PP/kg=Peakpower per kg MP/kg=Meanpower/kg FI=Fatigue Index W=Watt

Het Piekvermogen per kilogram

Het Piekvermogen per kilogram (PP/kg) geeft een indicatie van het anaerobe vermogen⁽⁴⁾. Het gemiddelde van de PP/kg voor de totale groep (zie Tabel 6) is tussen de eerste en tweede meting met 0.9 W/kg significant ($p=.006$) toegenomen van 23.3 W/kg (± 2.4) naar 24.2 W/kg (± 2.4). Hoewel er geen significant verschil gevonden is voor de toename van de trainingsgroepen onderling, is de toename voor de KHD groep met 1.7 W/kg (van 23.9 W/kg (± 2.2) tot 25.6 W/kg (± 1.4)) wel meer dan twee maal zo groot als die van de KWF groep 0.5 W/kg (van 23.7 W/kg (± 2.7)) tot 24.2 W/kg (± 3.0)) en de WF groep 0.8 W/kg van (22.1 W/kg (± 2.3) tot 22.9 W/kg (± 1.7)).



Het Gemiddeld vermogen per kilogram

Het Gemiddeld vermogen per kilogram (MP/kg) geeft een indicatie van de anaerobe capaciteit⁽⁴⁾. Het gemiddelde van de MP/kg voor de totale groep (zie Tabel 7) is tussen de eerste en tweede meting met 0.2 W/kg significant ($p=.003$) toegenomen van 10.3 W/kg (± 0.7) naar 10.5 W/kg (± 0.8). Hoewel er geen significant verschil gevonden is voor de toename van de trainingsgroepen onderling is de toename voor de KHD groep met 0.3 W/kg (van 10.6 W/kg (± 0.9) tot 10.9 W/kg (± 0.9)) en de KWF groep met 0.3 W/kg (van 10.4 W/kg (± 0.7) tot 10.7 W/kg (± 0.9)) wel drie maal zo groot als die van de WF groep met 0.1 W/kg (van 9.9 W/kg (± 0.4) tot 10.0 W/kg (± 0.4)).

Vermoeidheidsindex

De Vermoeidheidsindex (FI) geeft het verval weer van het vermogen in de tijd en geeft ook een indicatie van het anaerobe vermogen⁽⁴⁾. Een stijging van deze index geeft aan dat er een groter verval is geweest. Het gemiddelde van de FI voor de totale groep (Tabel 8) is tussen de eerste en tweede meting met 2.3 W/sec. significant ($p=.042$) toegenomen van 46.9 W/sec. (± 8.2) naar 49.2 W/sec. (± 8.0). Hoewel er geen significant verschil gevonden is voor de toename van de trainingsgroepen onderling is het opvallend dat de FI toeneemt van de KHD met 5 W/sec. (van 47.1 W/sec. (± 7.5) tot 52.1 W/sec. (± 7.9)) en van de WF groep met 2.5 W/sec. (van 45.1 W/sec. (± 8.2) tot 47.6 W/sec. (± 6.9)). Daarentegen daalt de FI van de KWF groep met 0.6 W/sec. (van 47.4 W/sec. (± 8.9) tot 46.8 W/sec. (± 9.1)).

Piekvermogen en Gemiddeld vermogen per kilogram per wielervediscipline

Het Piekvermogen per kilogram en het Gemiddeld vermogen namen tussen de 1^e en 2^e meting voor de totale groep significant toe (zie Tabel 10) met respectievelijk 0.9 W/kg ($p=.006$) en 0.2 W/kg ($p=.003$). Hoewel er geen significant verschil gevonden is voor de toename van de wielervedisciplines onderling, is de toename van de PP/kg voor de discipline MTB met 1.1 W/kg (van 23.1 W/kg (± 2.7) tot 24.2 W/kg (± 2.5)) groter dan voor de discipline WEG met 0.7 W/kg (van 23.5 W/kg (± 2.4) tot 24.2 W/kg (± 2.4)). Ook is de toename voor de MP/kg van de discipline MTB met 0.2 W/kg (van 10.3 W/kg (± 0.7) tot 10.6 W/kg (± 0.9)) tweemaal groter dan voor de discipline WEG met 0.1 W/kg (van 10.4 W/kg (± 0.6) tot 10.5 W/kg (± 0.7)).



Tabel 10 Testresultaten 'overall' uitgesplitst per wielercategorie voor de parameter Piek- en Gemiddeld vermogen/kg

| Groep | N | Meting1 | | Meting2 | | Verschil | |
|---------------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| | | waarde | (SD) | waarde | (SD) | abs. | rel. |
| PP/kg | | (W/kg) | | (W/kg) | | (W/kg) | (%) |
| WEG | 10 | 23.5 | 2.4 | 24.2 | 2.4 | 0.7 | 3.0 |
| MTB | 14 | 23.1 | 2.7 | 24.2 | 2.5 | 1.1 | 4.8 |
| Totaal | 24 | 23.2 | 2.4 | 24.2 | 2.4 | 0.9 | 3.9 |
| MP/kg | | (W/kg) | | (W/kg) | | (W/kg) | (%) |
| WEG | 10 | 10.4 | 0.6 | 10.5 | 0.7 | 0.1 | 1.0 |
| MTB | 14 | 10.3 | 0.7 | 10.6 | 0.9 | 0.3 | 2.9 |
| Totaal | 24 | 10.3 | 0.7 | 10.5 | 0.8 | 0.2 | 1.9 |

W= Watt kg=kilogram weg=wegrenners mtb=mountainbikers abs.=absoluut rel.=relatief

PP/kg=Peakpower per kilogram MP/kg=Meanpower per kilogram

Piekvermogen en Gemiddeld vermogen per kilogram per wielercategorie

Het Piekvermogen per kilogram en het Gemiddeld vermogen namen tussen de 1^e en 2^e meting voor de totale groep significant toe (zie Tabel 11) met respectievelijk 0.9 W/kg ($p=.006$) en 0.2 W/kg ($p=.003$). Hoewel er geen significant verschil gevonden is voor de toename van de wielercategorieën onderling, is er alleen een afname van de PP/kg voor de categorie amateurs met 0.5 W/kg (van 23.3 W/kg (± 2.4) tot 23.7 W/kg (± 2.2)) en een afname van de MP/kg met 0.1 W/kg (van 10.0 W/kg (± 0.2) tot 9.9 W/kg (± 0.3)). Voor de andere categorieën is er een toename voor de PP/kg en MP/kg.



Tabel 11 Testresultaten 'overall' uitgesplitst per wielercategorie voor de parameter Piek- en Gemiddeld vermogen/kg

| Groep | N | Meting1 | | Meting2 | | Verschil | |
|---------------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| | | waarde | (SD) | waarde | (SD) | abs. | rel. |
| PP/kg | | (W/kg) | | (W/kg) | | (W/kg) | (%) |
| Junior | 2 | 25.1 | 2.3 | 25.7 | 3.3 | 0.6 | 3.0 |
| Amateur | 4 | 23.2 | 2.4 | 22.7 | 2.2 | 0.5- | 2.2- |
| Elite | 3 | 26.0 | 3.3 | 27.4 | 2.6 | 1.4 | 5.4 |
| Prof. | 5 | 23.3 | 2.0 | 24.3 | 1.6 | 1.0 | 4.3 |
| Veteraan | 10 | 23.1 | 2.1 | 23.6 | 2.0 | 0.5 | 2.1 |
| Totaal | 24 | 23.2 | 2.5 | 24.2 | 2.4 | 0.9 | 3.9 |

| Groep | N | Meting1 | | Meting2 | | Verschil | |
|---------------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| | | waarde | (SD) | waarde | (SD) | abs. | rel. |
| MP/kg | | (W/kg) | | (W/kg) | | (W/kg) | (%) |
| Junior | 2 | 11.1 | 1.4 | 11.7 | 1.1 | 0.6 | 9.9 |
| Amateur | 4 | 10.0 | 0.2 | 9.9 | 0.3 | 0.1- | 1- |
| Elite | 3 | 11.3 | 1.0 | 11.7 | 1.4 | 0.4 | 3.5 |
| Prof. | 5 | 10.4 | 0.3 | 10.6 | 0.3 | 0.2 | 1.9 |
| Veteraan | 10 | 10.0 | 0.3 | 10.2 | 0.4 | 0.2 | 2 |
| Totaal | 24 | 10.3 | 0.7 | 10.5 | 0.8 | 0.2 | 1.9 |

W= Watt kg=kilogram prof.=professional abs.=absoluut rel.=relatief

PP/kg=Peakpower per kilogram MP/kg=Meanpower per kilogram

Tijd tot Piekvermogen

De tijd tot Piekvermogen geeft de tijd waarin men het Piekvermogen bereikt. Hoewel niet significant ($p=.058$) is het opvallend dat de PP/sec van de totale groep tussen de 1^e en 2^e meting met 0.13 sec. is afgenomen van 4.66 sec. (± 0.30) naar 4.53 sec. (± 0.24). De PP/sec neemt het meeste af in de KWF groep met 0.20 sec. (van 4.68 sec. (± 0.32) tot 4.48 sec. (± 0.21)) gevolgd door de KHD groep met 0.13 sec. (van 4.73 sec. (± 0.26) tot 4.60 sec. (± 0.32)). De WF groep scoort in deze het slechtste. De PP/sec neemt af met 0.08 sec. (van 4.58 sec. (± 0.33) tot 4.50 sec. (± 0.19)).

Minimum vermogen

Het gemiddelde van het Minimum vermogen (MinP) voor de totale groep is tussen de 1^e en 2e meting met 33 Watt afgenomen van 528 W (± 73) naar 496 W (± 84).



Dit benadert het significantieniveau ($p=.053$). De MinP nam het sterkst af bij de WF groep met 65 Watt (van 508 (± 74) tot 443 W (± 73)) en de KHD groep met 32 Watt (van 561 W (± 52) tot 529 W (± 89)). Bij de KWF groep nam de MinP slechts licht af met 3 Watt (van 518 W (± 85) tot 515 W (± 73)).

Piekvermogen

Hoewel niet significant ($p=.057$) is het Piekvermogen (PP) voor de KHD groep het meest toegenomen tussen de 1^e en 2^e meting met 82 Watt van 1770 W (± 207) naar 1851 W (± 195). De PP nam 24 Watt toe bij de WF groep van 1635 W (± 250) naar 1659 W (± 207). Daarentegen nam de PP zelfs af met 9 Watt bij de KWF groep van 1717 W (± 232) naar 1708 W (± 202).

Discussie

De resultaten van dit pilot-onderzoek naar de (positieve) effecten van krachttraining op (verbetering) van het acceleratievermogen van wielrenners roepen vragen op die mogelijk middels vervolgonderzoek beantwoord kunnen worden. Want hoewel de resultaten van de 'Wingate-test' voor wat betreft de verschillen tussen de groepen het gestelde significantieniveau niet overschrijden, is er een aanwijzing dat krachttraining middels 'vrije oefeningen' een positief effect heeft op het acceleratievermogen. Het piekvermogen/kg. (PP/kg.) als indicator van het anaerobe vermogen⁽⁴⁾ neemt namelijk bij de KHD groep meer dan tweemaal zoveel toe als bij de andere groepen.

Het totale gemiddelde van alle groepen nam significant toe voor de parameters: Piekvermogen/kg (PP/kg) en Gemiddeld vermogen/kg (MP/kg). Dezelfde parameters namen ook toe bij de KHD groep, echter niet significant ten opzichte van de KWF- en WF-groep. Doordat zowel de KHD- als de KWF- en WF groep deelnamen aan uithoudingsvermogenstraining, was mogelijk de invloed van het krachttrainingsprogramma te gering ten opzichte van de invloed van het uithoudingsvermogenprogramma. Hierdoor kunnen mogelijk de onderlinge verschillen tussen de groepen afgenomen zijn.

Waar in eerdere onderzoeken^(2,8,9,14) bij wielrenners de krachttraining op ofwel type I vezels^(2,8,14) ofwel type II vezels⁽¹¹⁾ gericht was, is er in het huidige onderzoek voor



gekozen om volgens de principes van de RehaBoom® beide vezeltypes te trainen. Volgens deze methode krijgen zowel type I vezels (start programma) als de type II vezels (einde programma) een trainingsprikkel tijdens het krachttrainingsprogramma. De trainingsprikkel voor de type I vezels had tot doel de pedaalkracht te verhogen. Hieraan gerelateerd was de opbouw in de krachtprotocollen met als doel het 1RM van de Hoofd-oefeningen te verhogen. Uit het feit dat bij de krachtoefeningen het 1RM van de KHD groep toenam tijdens het programma, voor de hoofd-oefeningen (Halve squat 27%, Goodmorning 29% en Lunge 33%) kan worden afgeleid dat de maximaalkracht voor de strekketen van de benen voldoende is toegenomen. Deze krachtstoename is vergelijkbaar met eerder onderzoek van Jackson et al⁽¹¹⁾, die een significante toename van de maximaalkracht bij 2 'vrije oefeningen' (Halve squat 30% en Step-up 43%) vonden na een 10 weken durend krachttrainingsprogramma. De trainingsprikkel voor de type II vezels in het huidige onderzoek had tot doel de maximaalkracht om te zetten in explosieve (pedaal-)kracht. Hoewel het Piekvermogen (PP) van de KHD groep niet significant toenam ($p=0.094$, 4.6%), lijkt er wel sprake van een klinisch belangrijk verschil ten opzichte van de KWF- en WF-groep. In eerder vergelijkbaar onderzoek van Paton et al⁽¹⁴⁾ wordt een toename aangegeven van het Piekvermogen ($6.8 \pm 3.6\%$) die wel significant was ($p=0.04$). Het is daarom belangrijk (in een vervolgonderzoek) de groepsgrootte uit te breiden om de statistische power van de studie te verhogen.

Doordat het leveren van kracht onlosmakelijk verbonden is aan de mate van energietoevoer is ook het uithoudingsvermogen getraind middels een opbouw van aeroob naar anaeroob en van capaciteit naar vermogen. De laatste trainingsvorm is met name gericht op vergroten van het lactische adaptatie van de type II vezels. Met name het Piek- en in mindere mate het Gemiddeld vermogen/kg (PP/kg en MP/kg) namen dan ook wel toe bij de KHD groep, echter niet significant verschillend van de KWF- en WF-groepen. Het intensiefste protocol; lactisch vermogen, werd uitgevoerd aan het einde van het onderzoek. Dit protocol wordt gekenmerkt door een hoge intensiteit en een lange supercompensatietijd. Dit laatste kan mogelijk geconflicteerd hebben met de opbouw van de wielert rainingen tijdens de start van het wielerseizoen in dezelfde periode. Ook bleek uit terugkoppeling van de renners en een analyse van de trainingslogboeken dat de uithoudingsvermogentrainingen slechts deels conform de protocollen uitgevoerd zijn waardoor mogelijk het effect ervan niet tot uiting komt in de resultaten.



In eerder onderzoek van Paton et al.⁽¹⁴⁾ bestond het trainingsprogramma uit explosieve interval- en maximaalkrachttraining. Deze training werd uitgevoerd in het wedstrijdseizoen met wedstrijdrenners. De renners in dit onderzoek boekten wel een significante verbetering van het Piekvermogen (PP) ($p=.04$). Het onderzoek van Paton et al.⁽¹⁴⁾ verschilt van het huidige onderzoek door de keuze en de intensiteit (hoger) van de protocollen alsmede de korte tijdsduur (6 weken). In hun onderzoek werd getraind middels snelkracht- en explosieve krachtprotocollen (50% 1RM 20hh.). Een mogelijke verklaring voor de verschillen in de resultaten tussen beide onderzoeken is dan ook dat de intensiteit te laag is van het huidige onderzoek. Er is relatief veel tijd (75%) besteedt aan de uitvoering van de oefeningen in de eerste krachtprotocollen en relatief weinig tijd (25%) aan de snelkracht- en explosieve krachtprotocollen. Daarnaast werd de training in het onderzoek van Paton et al.⁽¹⁴⁾ uitgevoerd in het wedstrijdseizoen. In het onderzoek van Jackson et al.⁽¹¹⁾ wordt aangegeven dat de mate van getraindheid van invloed is op het aanvangsniveau van de maximaal- en explosieve kracht in een onderzoek. Elke wieltraining en –wedstrijd bevat immers krachttrainingselementen waardoor er tijdens het wielerseizoen sprake is van een hoger krachtniveau dan buiten het seizoen.

De afname van het Minimum vermogen (MinP) en de toename van de Vermoeidheidsindex (FI) voor de KHD groep laten zien dat er ook mogelijk nadelen bestaan (volhoudtijd) voor deelname aan krachttraining. De renners bereiken tijdens de 2^e test weliswaar een hoger vermogen in vergelijking met de 1^e test maar deze vermogenswinst wordt deels teniet gedaan aan het einde van de test door een lager Minimum vermogen (MinP). Jackson et al.⁽¹¹⁾ geven in hun onderzoek aan dat restvermoeidheid en/of overtraining in een combinatie programma van krachttraining met wieltraining ertoe bij kunnen dragen dat de krachtstoename vermindert. In het huidige onderzoek is er vanuit gegaan dat tijdens de supercompensatietijd na een krachttraining wel deelgenomen kon worden aan een wieltraining. Mogelijk is het supercompensatie-effect daardoor verminderd en is er toch restvermoeidheid ontstaan tijdens het programma en heeft dit het resultaat negatief beïnvloed. Een andere mogelijke verklaring voor de toename van de Vermoeidheidsindex (FI) en afname van het Minimum vermogen (MinP) zou kunnen zijn dat de trainingsprikkels teveel gericht zijn geweest op het a-lactische systeem (tot 15 sec) en minder op het lactische systeem



(tot 45 sec). Dit zou de toename van het Piekvermogen (PP) kunnen verklaren (<5sec) en de afname van het Minimum vermogen (MinP) (<30sec).

In alle in het huidige artikel geciteerde onderzoeken naar het effect van krachttraining bestond de onderzoekspopulatie geheel uit wegrenners. In het huidige onderzoek bestond een aanzienlijk deel (58 %) van de onderzoekspopulatie echter uit mountainbikers. Het wedstrijdprofiel van een mountainbikewedstrijd is anders dan dat van een criterium. Dit heeft mogelijk invloed op de vezeltypering (meer type I) en de manier waarop spierkracht en energiesystemen worden gebruikt (veel kracht en lagere snelheden). Mogelijk sluit krachttraining in deze vorm meer aan bij hun spiergebruik tijdens wedstrijden en trainingen. Uit de testresultaten komt namelijk naar voren dat mountainbikers, indien je het 'overall' resultaat beoordeelt per wielervedstrijd, meer verbeteren in het Piekvermogen/kg. (PP/kg) en het Gemiddeld vermogen/kg. (MP/kg). dan de wegrenners.

Mogelijk heeft ook de factor wielercategorie invloed op de testresultaten. Analyse van de resultaten per wielercategorie liet met name bij de amateurs slechtere resultaten zien voor de verandering van het Piekvermogen/kg (PP/kg.) en het Gemiddeld vermogen (MP/kg.).

De laatste serie 'Wingate-testen' (4 renners; 2 KHD, 1 KWF ,1 WF) heeft (door logistieke problemen) ongeveer 2 maanden na het einde van het krachttrainingsprogramma plaatsgevonden, waardoor de resultaten mogelijk negatief beïnvloed zijn. Het effect van met name het explosieve deel van het krachttrainingsprogramma zou daardoor verminderd kunnen zijn.

Het kan interessant zijn het complete programma in een vervolgonderzoek uit te voeren met alleen mountainbikers of alleen wegrenners van een bepaalde wielercategorie (eventueel binnen een bepaalde leeftijdsklasse) om zo meer homogene groepen te creëren en de invloed van deze variabele(n) te verminderen.



Conclusie

Zes maanden wieltraining al dan niet gecombineerd met krachttraining geeft voor de totale groep een significante verbetering van: het Piekvermogen/kg (PP/kg) ($p=.006$), het Gemiddeld Piekvermogen (MP/kg) ($p=.003$) en een significante verslechtering van de Vermoeidheidsindex ($p=.042$). Het significantieniveau was gesteld op $\alpha=.05$.

Het vervangen van een deel van de reguliere wieltraining door krachttraining middels 'vrije oefeningen' volgens de Rehaboom® (KHD groep) had, vergeleken met krachttraining op de fiets of alleen wieltraining, geen significant effect op deze parameters. De vooruitgang van de KHD groep ten opzicht van de KWF- en WF groep was wel het grootst op de volgende parameters: Piekvermogen (PP), Gemiddeld vermogen (MP), Minimaal vermogen (MinP), Piekvermogen/kg (PP/kg) en Gemiddeld Piekvermogen (MP/kg).

Aanbevelingen

Hoofddoel van de opzet van het huidige pilot-onderzoek was het verbeteren van het acceleratievermogen van een groep wielrenners door deelname aan een zo sport-specifiek mogelijk krachttrainingsprogramma voor wielrenners. Met name de uitvoering van het krachttrainingsprogramma moest (fysiek) begeleid kunnen worden door de onderzoeker alsmede de dataverzameling en sturing van het totale programma. De populatie in het huidige onderzoek is daardoor echter te klein gebleken om significante uitspraken te kunnen doen over effecten van specifieke krachttraining voor de totale populatie. Een logisch vervolg zou dan ook een vervolgonderzoek zijn met meer participanten en meer begeleiders (toename statistische power).

Om het mogelijk verstorende effect van een 2^e interventie (uithoudingsvermogen) uit te sluiten zou een volgend programma alleen gericht moeten zijn op krachttraining. Overigens wordt in het onderzoek van Jackson et al ⁽¹¹⁾ aangegeven dat het al dan niet combineren van kracht- met uithoudingsvermogentraining slechts minimale verschillen veroorzaakt in trainingseffecten. De krachttraining middels vrije oefeningen zou dan met



een hogere intensiteit (korte intervallen, geen verval in uitvoeringssnelheid in een serie) uitgevoerd moeten worden om op die manier het anaerobe energiesysteem te prikkelen. De belastingsintervallen moeten lang genoeg zijn om zowel het a-lactische als het lactische energiesysteem te prikkelen.

Het is zinvol om te onderzoeken of het vermogen wat bereikt wordt tijdens krachttraining op de wielrenfiets, vergeleken kan worden met het vermogen wat bereikt kan worden tijdens krachttraining middels 'vrije oefeningen'. Daarmee samenhangend is de verhouding en de vergelijking van de hoeveelheid (kracht-)trainingsuren tussen de KHD- en KWF groep een aandachtspunt voor vervolgonderzoek.

Naast de uithoudingsvermogenstraining zijn er ook mogelijk andere variabelen van invloed op de testresultaten van het huidige programma die door de onderzoeker niet zijn uitgesloten. Zoals bijvoorbeeld: de invloed van de intervaltrainingsvormen en krachtelementen van de WF groep, de samenstelling (homogeniteit) van de onderzoekspopulatie (wielerdiscipline; relatief veel mountainbikers, wielercategorie; verhoudingsgewijs veel veteranen en amateurs), het ontbreken van randomisatie, de voorkeur van deelnemers voor een bepaalde trainingsvorm (inzet), de beperkte invloed van de onderzoeker op de uitvoering van de training van alle groepen en de invloed van de aanwezigheid van de onderzoeker bij de training van de KHD groep en diens afwezigheid bij andere groepen (persoonlijk contact).

Het kan zinvol zijn voor wielrenners om deel te nemen aan een krachttrainingsprogramma ter verbetering van het acceleratievermogen. Op de meeste parameters van een 'Wingate-test' wordt progressie geboekt. Het accent van een dergelijk kortdurend, hoog intensief programma dient te liggen op de krachtverschijningsvormen snel- en explosieve kracht in combinatie met anaerobe trainingsprikkelers.

Vanwege de intensiteit en supercompensatietijd van de krachttraining en anaerobe training zou het zinvol kunnen zijn de omvang en intensiteit van de 'normale' wieltraining, tijdens een vervolgprogramma, zeer laag te houden.

Het zou interessant zijn in een vervolgonderzoek de WF groep het KHD programma te laten volgen en omgekeerd.



R. van Erp sportfysiotherapeut NVFS®
FYSIO-TEAM BV
Breukelsplein 6, 5281 HX, BOXTEL, NI
E-mail: info@fysio-team.nl
Internet: www.fysio-team.nl

Literatuurlijst

1. Arslan Relationship between the 30-second wingate test and characteristics of isometric and explosive leg strength in young subjects. *J. Strength Cond Res* Aug:19(3):658-666:2005
2. Bastiaans JJ. van Diemen ABJP. Veneberg T. Jeukendrup AE The effects of replacing a portion of endurance training by explosive strength training on performance in trained cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 86: 79-84:2001
3. Behm DG. Sale DG Velocity specificity of resistance training. *Sports Med* 15:374-388:1993
4. Beneke R. Pollmann C. Bleif I. Leithauser RM. Hutler M How anaerobic is the Wingate Anaerobic Test for humans? *Eur J Appl Physiol.* 87: 388-392:2001
5. Campos GE. Luecke TJ. Wendeln HK. Toma K. Hagerman FC. Murray TF. Ragg KE. Ratamess NA. Kraemer WJ. Staron RS Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol.* Nov:88(1-2):50-60:2002
6. Costill DL. Pscoe DD. Fink WJ. Roberge BA. Barr SI. Pearson D Impaired muscle glycogen resynthesis after excentric exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 31:886-891:1999
7. Faria EW. Parker DL. Faria IE The science of cycling; physiology and training-part 1. *Sorts Med* 35(4):285-312:2005
8. Glaister M. Stone MH. Stewart AM. Hughes MG. Moir GL Aerobic and anaerobic correlates of multiple sprint cycling performance. *J. Strength Cond Res.* Nov:20(4):792-798:2006
9. v/d Goolberg T. De Rehaboom; Een methodische aanpak in de sportrevalidatie. Elsevier Gezondheidszorg 2005
10. Horowitz JF. Sidosis. IS. Coyle EF High efficiency of type I muscle fibers improves performance. *Int. J. Sports Med.* April:15(3):152-156: 2004



11. Jackson NP. Hickey MS Reiser RF 2nd High resistance/low repetition vs. low resistance/high repetition training: effects on performance of trained cyclists. J. Strength Cond Res. Feb:21(1):289-95:2007
12. Jeukendrup AE. Martin J Improving cycling performance; how should we spend our time and money? Sports Med 31: 559-569: 2000
13. Lucia A. San Juan AF. Montilla M. CaNete S. Santalla A. Earnest C. Perez M In professional road cyclists. low pedalling cadences are less efficient. Med. Sci Sports Exerc. Jun: 36(6):1048-54:2004
14. Paton CD. Kopkins WG Combining explosive and high-resistance training improves performance in competitive cyclists. J. Strength Cond Res: Nov: 19(4):826-830:2005
15. Peterson MD. Alvar BA. Rhea MR The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. J. Strength Cond Res: Nov. 20(4):867-873:2006
16. Roberts S Strength training by children and adolescents. American Academy of Pediatrics. June 107(6) 2001