

16. Hoeger, W.W.K., Hopkins, D.R., Barette, S.L. & Hale, D.F. (1987). Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: a comparison between untrained and trained males and females. *Journal of Applied Sport Science Research*, 1, 11-13.
17. Horowitz, J.F., Sidossis, L.S. & Coyle, E.F. (1994). High efficiency of type I muscle fibers improves performance. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 152-157.
18. Ivy, J.L. (1991). Muscle glycogen synthesis before and after exercise *Sports Medicine*, 11, 6-19.
19. Kovaleski, J.E., Heitman, R.H., Trundle, T.L. & Gilley, W.F. (1995). Isotonic preload versus isotonic knee extension resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 895-899.
20. Kraaijenhof, H. (1998). Lezing congres "Strength training and anabolic steroids", Papendal.
21. Kraemer, W.J., Duncan, N.D. & Volek, J.S. (1998). Resistance training and elite athletes: adaptations and program considerations. *Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy*, 28, 110-119.
22. Kraemer, W.J., Patton, J.F., Gordon, S.E., Harman, E.A., Deschenes, M.R., Reynolds, K., Newton, R.U., Triplett, N.T. & Dziados, J.E. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, 78, 976-989.
23. Laich, B. (1998). Lezing congres "Strength training and anabolic steroids", Papendal.
24. Marcinik, E.J., Potts, J., Schlabach, G., Will, S., Dawson, P. & Hurley, B.F. (1991). Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 739-743.
25. Morgan, D.W., Bransford, D.R. & Costill, D.L. (1995). Variations in the aerobic demand of running among trained and untrained subjects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 404-409.
26. Morrissey, M.C., Harman, E.A. & Johnson, M.J. (1995). Resistance training modes: specificity and effectiveness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 648-660.
27. Rosler, K., Conley, K.E., Howald, H., Gerber, C. & Hoppeler, H. (1986). Specificity of leg power changes to velocities used in bicycle endurance training. *Journal of Applied Physiology*, 61, 30-36.
28. Rutherford, O.M., Greig, C.A., Sargeant, A.J., & Jones, D.A. (1986). Strength training and power output: transference effects in the human quadriceps muscle. *Journal of Sports Sciences*, 4, 101-107.
29. Sale, D. & MacDougall, D. (1981). Specificity in strength training: a review for the coach and athlete. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 6, 87-92.
30. Sale, D.G., Jacobs, I., MacDougall, J.D. & Garner, S. (1990). Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, 348-356.
31. Starkey, D.B., Welsch, M.A., Pollock, M.L., Graves, J.E., Brechue, W.F. & Ishida, Y. (1994). Equivalent improvement in strength following high intensity, low and high volume training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, xx-xx.
32. Stegeman, J. (1981). *Exercise physiology* (translated by J. S. Skinner). Chicago, Illinois: Year Book Medical Publishers.
33. Suzuki, Y. (1979). Mechanical efficiency of fast- and slow-twitch muscle fibers in man during cycling. *Journal of Applied Physiology*, 47, 263-267.
34. Takaishi, T., Yamamoto, T., Ono, T., Ito, T. & Moritani, T. (1998). Neuromuscular, metabolic and kinetic adaptations for skilled pedaling performance in cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 442-449.
35. Tanaka, H. & Swensen, T. (1998). Impact of resistance training on endurance performance: a new form of cross-training? *Sports Medicine*, 25, 191-200.
36. Tesch, P. (1998). Lezing congres "Strength training and anabolic steroids", Papendal.
37. Wilson, G.J., Newton, R.U., Murphy, A.J. & Humphries, B.J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 1279-1286.
38. Wilson, G.J., Murphy, A.J. & Walshe, A. (1996). The specificity of strength training: the effect of posture. *European Journal of Applied Physiology*, 73, 346-352.
39. Wright, B. (1998). Lezing congres "Strength training and anabolic steroids", Papendal.

## De auteurs

Drs. Adrie van Diemen studeerde aan de ALO Den Haag en aan de Faculteit der Bewegingswetenschappen van de VU in Amsterdam. Na zijn afstuderen werkte hij een aantal jaren als docent fysiologie op bovengenoemde ALO. Momenteel is hij als inspanningsfysioloog werkzaam in zijn eigen bedrijf Admotion BV. Tevens maakt hij deel uit van het begeleidingsteam van de Rabobank wielploeg voor junioren.

Drs. Jabik Jan Bastiaans doet samen met Adrie van Diemen wetenschappelijk onderzoek bij wielrenners. Hij is o.a. co-auteur van de door NOC\*NSF uitgegeven BOK-rapporten "De invloed van temperatuur en wind op de maximale lactaat steady state" (1999) en "Krachttraining voor wielrenners" (2000).

## Conclusies

Het potentieel van krachttraining voor wielrenners lijkt te schuilen in het versterken van de trage spiervezels. Bij zeer goed getrainde wielrenners is het submaximale vermogen zo hoog, dat de kracht van trage spiervezels een beperkende factor kan zijn, met name bij lage toerentallen. Het gevolg is, dat snelle, maar minder efficiënte vezels gerecruteerd worden. Wanneer de kracht van trage spiervezels door middel van gerichte krachttraining verbeterd wordt, kan dat een progressie in submaximaal vermogen opleveren.

Het versterken van trage spiervezels vereist krachttraining met een groot aantal herhalingen (30 tot 40), opdat snelle spiervezels tijdens de eerste herhalingen uitgeput worden, waarna het percentage gerecruteerde trage spiervezels toeneemt. De bewegingen die daarbij gebruikt worden dienen zo snel mogelijk te zijn, zonder dat het gewicht te licht wordt. Het kiezen van het optimale gewicht wordt bepaald door de vereisten "snelheid" en "spiervezeltype". Dat resulteert in een gewicht dat de atleet 30 herhalingen explosief kan verplaatsen, waarvan de laatste 15 herhalingen met een zeker snelheids- (en daardoor vermogens-)verlies uitgevoerd worden. Het beste kan dat geëvalueerd worden met behulp van apparatuur met vermogensmeting.

Deze trainingsvorm kan afgewisseld worden met krachttraining die op ontwikkeling van de explosiviteit is gericht. Nu gebruikt de atleet een gewicht waarbij het grootst mogelijke vermogen geleverd kan worden, de series bestaan uit slechts 2 of 3 herhalingen. Het gewicht wordt bepaald met behulp van vermogensmeting. Een alternatief daarvoor is het oog van de coach.

De beste manier van krachttraining is met behulp van isokinetische apparatuur. De snelheid van beweging is dan altijd gegarandeerd en het geleverde vermogen is bekend.

## Literatuur

1. Ahlquist, L.E., Bassett jr, D.R., Sufit, R., Nagle, F.J. & Thomas, D.P. (1992). The effect of pedaling frequency on glycogen depletion rates in type I and type II quadriceps muscle fibers during submaximal cycling exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 65, 360-364.
2. Behm, D.G. & Sale, D.G. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Medicine*, 15, 374-388.
3. Bell, G.J. & Wenger, H.A. (1992). Physiological adaptations to velocity-controlled resistance training. *Sports Medicine*, 13, 234-244.
4. Bishop, D., Jenkins, D.J., Mackinnon, L.T., Carey, M.F. & McEniery, M. (1977). The influence of resistance training on endurance performance in female endurance cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, xx-xx.
5. Bosco, C. (1998). Lezing congres "Strength training and anabolic steroids", Papendal.
6. Coyle, E.F., Coggan A.R., Hopper, M.K. & Walters, T.J. (1988). Determinants of endurance in well trained cyclists. *Journal of Applied Physiology*, 64, 18-23.
7. Coyle, E.F., Feltner, M.E., Kautz, S.A., Hamilton, M.T., Montain, S.J., Baylor, A.M., Abraham, L.D. & Petrek, G.W. (1991). Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 93-107.
8. Coyle, E.F., Sodissis, L.S., Horowitz, J.F. & Beltz, J.D. (1992). Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 782-788.
9. Costill, D.L., Pascoe, D.D., Fink, W.J., Robergs, R.A., Barr, S.I. & Pearson, D. (1990). Impaired muscle glycogen resynthesis after eccentric exercise. *Journal of Applied Physiology*, 69, 46-50.
10. Faria, I.E. (1984). Applied physiology of cycling. *Sports Medicine*, 3, 187-204.
11. Fitts, R.H. & Widrick, J.J. (1996). Muscle mechanics: adaptations with exercise-training. *Exercise and Sport Science Reviews*, 24, 427-473.
12. Friedman, J.E., Neuffer, P.D. & Dohm, G.L. (1991). Regulation of glycogen resynthesis following exercise: dietary considerations. *Sports Medicine*, 11, 232-243.
13. Jacobs, I., Kaiser, P. & Tesch, P. (1981). Muscle strength and fatigue after selective glycogen depletion in human skeletal muscle fibers. *European Journal of Applied Physiology*, 46, 47-53.
14. Hickson, R.C., Rosenkoetter, M.A. & Brown, M.M. (1980). Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12, 336-339.
15. Hickson, R.C., Dvorak, B.A., Gorostiaga, E.M., Kurowski, T.T. & Foster, C. (1988). Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 65, 2285-2290.

is in een uur 33,7 kilometer verder. Het gemiddelde vermogen bedraagt dan nog geen 200 watt. Met zeer harde tegenwind en een kasseiweg wordt dat hooguit 300 watt. Dat betekent voor zeer goed getrainde atleten een belasting van hooguit 75%  $VO_2$ max. Volgens Hickson komt dat ongeveer overeen met een piekbelasting tijdens elke pedaalomwenteling van 40 tot 50% van de maximale haalbare waarde. Het is twijfelachtig op dat progressie in kracht oplevert. Waarschijnlijk moet krachttraining op de fiets veel intensiever zijn wil het enigszins in de buurt komen van de prikkels die door krachttraining in het krachthonk tot stand gebracht worden. Ter vergelijking: bij een enkele jump squat, worden vermogens bereikt tussen de 2500 en 3000 watt. Uiteraard betreft dat alleen de concentrische fase, maar het geeft een indicatie van het verschil tussen krachttraining op de fiets en in het krachthonk.

Krachttraining op de fiets moet dus eigenlijk hetzelfde benaderd worden als krachttraining in het krachthonk, alleen nu wordt de fiets gebruikt als krachttrainingsapparaat. Optimaal is de training als volgt. De atleet traint op een steile helling, het liefst eentje die abrupt van vlak overgaat in steil bergop. Vervolgens rijdt de atleet op een heel zwaar verzet, met een toerental van ongeveer 60 tpm, naar de voet van de helling en probeert op de helling zijn snelheid vast te houden. Eenmaal onder de 50 tpm stopt de oefening. Het verzet moet nu zó gekozen worden, dat de atleet 30 tot 40 trappen kan doen, voordat hij onder de 50 tpm zakt. Op die manier kan de trainingsprikkel benaderd worden, die in het krachthonk (met zeer lage gewichten) teweeg gebracht wordt en blijft het voordeel van de specifieke training op de fiets behouden.

een snelle uitstoot-fase en een rustige inzakfase is niet eenvoudig. Het aanleren van de beweging vergt enige weken.

#### *Step-up*

De step-up is een uitstekend alternatief voor de squat. Bosco noemt deze techniek een uitstekende extra trainingsprikkel bovenop parallelle bewegingen (zoals de squat en de leg-press), omdat de reciproke inhibitie tussen beide benen wordt omzeild (Bosco, 1998). Een bijkomend voordeel van de step-up is, dat hij in tegenstelling tot de squat technisch niet te moeilijk is en geen hoge eisen stelt aan de stabiliteit van de romp. Bovendien komt het alterneren van linkerbeen en rechterbeen uitstekend overeen met de fietsbeweging. Wel drukt het volledige gewicht nu op één been, hetgeen eisen stelt aan de stabiliteit van de onderste ledematen.

#### *Leg-press*

Het gebruiken van de leg-press is een veilige methode omdat er, in tegenstelling tot bijvoorbeeld de squat of de step-up, geen gevaar is voor instabiliteit. Daarentegen worden tijdens dit soort "losse" oefeningen, in tegenstelling tot de leg-press, stabiliserende spieren en bindweefsel beter ontwikkeld. De leg-press kan met twee benen of met één been uitgevoerd worden. Wanneer de beweging met één been uitgevoerd wordt, kan bij het inzakken het andere been "erbij gezet" worden, om de excentrische fase te verlichten. Ook hier geldt: begin de oefening zo explosief mogelijk en zorg dat bij de laatste herhalingen de bewegingssnelheid wat lager wordt.

#### *Knie-extensies*

Een trainingstechniek die voor de hand ligt, maar feitelijk een voorbeeld is van een beweging die niet voldoet aan de specificiteitseis, is het versterken van de m. quadriceps door middel van (mono-articulaire) "leg-extensions" (knie-extensie). Deze beweging is weinig specifiek, omdat de fietsbeweging bestaat uit een ingewikkeld gecoördineerde beweging tussen knie- en heupextensoren. In een interessant onderzoek van Rutherford et al. (1986) werd de m. quadriceps van ongetrainde proefpersonen versterkt door middel van een uitgebreid knie-extensie-programma. De maximale kracht tijdens knie extensie nam enorm toe (160-200%), hetgeen slechts voor een deel verklaard kon worden door een toename in isometrische kracht. Geargumenterd werd, dat de progressie in kracht voor het grootste deel werd veroorzaakt door het ontstaan van nieuwe neurale netwerken. Tegelijkertijd stelden de auteurs, dat in dat geval de progressie in kracht niet overdraagbaar is naar bewegingen met een andere spiercoördinatie. Dit werd bevestigd door het feit, dat de proefpersonen geen enkele progressie vertoonden in het maximale vermogen op de fietsergometer. Omdat het effect van een krachttrainingsprogramma voor wielrenners voornamelijk plaats zal vinden via neurale aanpassingen, is het weinig zinvol om knie extensies in dit programma op te nemen.

#### *Krachttraining op de fiets*

Krachttraining op de fiets is een onbeschreven blad. In de literatuur wordt er geen enkele melding van gemaakt. Zoals reeds eerder vermeld schuilt de essentie van krachttraining voor wielrenners in het versterken van trage spiervezels. Daartoe moet de uitgevoerde beweging snel zijn, tegen een niet te grote weerstand en dienen de snelle spiervezels bij de eerste herhalingen uitgeput te raken, zodat bij de laatste herhalingen zoveel mogelijk trage spiervezels actief zijn. Over het algemeen wordt krachttraining uitgevoerd bij een matige intensiteit (onder de maximale lactaat steady state) op een zeer groot verzet, bijvoorbeeld bergop of tegen de wind in. De vraag is echter of het mogelijk is om op een vlakke weg een situatie te creëren waarbij voldoende kracht nodig is om daadwerkelijk op dat gebied progressie te boeken. Een wielrenner, die op een vlakke weg rijdt met 53x12 en een toerental van 60 tpm,

begeleider het juiste inzicht heeft en nog belangrijker, de atleet een goed gevoel. Onervaren atleten kunnen wellicht beter beginnen met apparatuur die het vermogen kan meten. Het werken met isokinetische apparatuur is zeer aanbevelenswaardig, omdat in dat geval een verlaging van het geleverde vermogen alleen veroorzaakt wordt door een daling van de geleverde kracht, de bewegingsnelheid blijft gelijk!

## Trainingsmethoden

We onderscheiden voor wielrenners 3 geschikte krachttrainingsmethoden. De eerste en meest geschikte is isokinetische krachttraining. Daarmee kan de atleet trainen op een manier die aan alle vereisten voldoet. De hoeksnelheid kan worden ingesteld op een voor wielrenners relevante waarde, overeen komend met een toerental van 70 à 80 toeren per min. Daarnaast krijgt men feedback over het verloop van het vermogen gedurende het aantal herhalingen. Zo kan het aantal herhalingen of de inzet van de atleet zodanig aangepast worden aan het verloop van het vermogen, dat er tussen de 15<sup>e</sup> en 30<sup>e</sup> herhaling een kleine daling in vermogen te zien is.

De traditionele vorm van krachttraining is het werken met losse gewichten of met krachttrainingsapparaten als de leg-press. Idealiter wordt deze trainingsvorm uitgevoerd met behulp van vermogensmeting, zodat de atleet feedback krijgt over het verloop daarvan. Het is een nadeel, dat dit vaak alleen mogelijk is bij "vaste apparaten". Daarvan is het trainingseffect, in verband met een geringere nadruk op de coördinatie, wat minder groot dan bij training met losse gewichten. Het werken met vermogen en vaste apparaten lijkt dan ook voornamelijk geschikt voor beginnende atleten. Ervaren atleten kunnen "op gevoel" veel beter inschatten welk gewicht te kiezen. Zij kunnen dan beter met losse gewichten werken.

De meest specifieke krachttraining voor wielrenners is de krachttraining op de fiets. Om een toegevoegde waarde boven normale fietstraining te hebben, dient deze vorm op een specifieke manier te worden uitgevoerd. In de volgende paragraaf wordt dat nader uiteengezet.

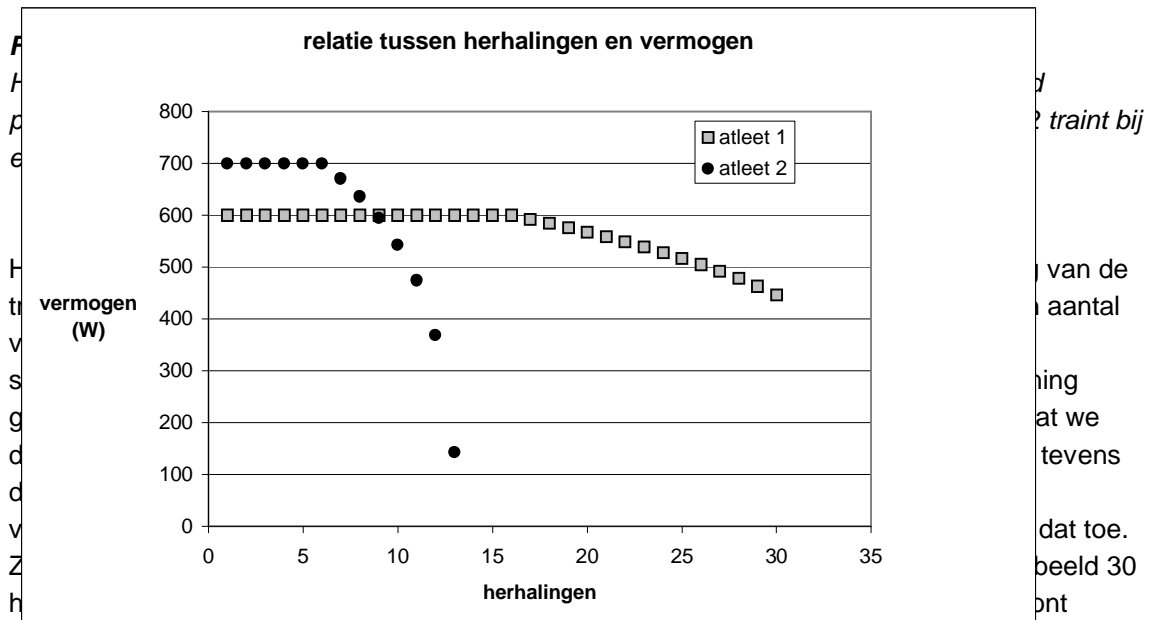
## Trainingstechnieken

Zoals eerder is opgemerkt, dient krachttraining op basis van het specificiteitsprincipe zodanig te worden vormgegeven, dat er bewegingen worden uitgevoerd die met de fietsbeweging overeenkomen. In aanmerking daarvoor komen de squat, de step-up, de leg-press en natuurlijk de krachttraining op de fiets.

### *Squat*

De squat komt aan het specificiteitsprincipe tegemoet doordat de beweging bestaat uit extensie van knie- en heupgewricht. De squat zou moeten worden uitgevoerd tussen kniehoeken van 100° en 150°, maar in de praktijk zal dat 100° en 180° zijn, omdat het, zeker wanneer explosief wordt uitgestoten, zeer moeilijk is de beweging te stoppen bij 150°. Een nadeel van de squat is, dat de beweging zeer technisch is en een zekere kracht van de rompspieren vergt. Derhalve dient deze oefening gecombineerd te worden met buik- en rugspieroefeningen. Om piekkrachten tijdens de excentrische fase te voorkomen, wordt het inzakken zo gecontroleerd en rustig mogelijk uitgevoerd. Uiteraard gebeurt het uitstoten explosief. De beweging wordt cyclisch uitgevoerd! Dat wil zeggen, er zijn geen korte periodes van rust na het uitstoten of inzakken. Immers, het gaat erom de snelle spiervezels uit te putten om zodoende het aandeel trage spiervezels te vergroten. Wanneer de beweging a-cyclisch wordt uitgevoerd, krijgen de snelle spiervezels de gelegenheid te herstellen. Het cyclisch uitvoeren van de beweging, met

(Kraaijenhof, 1998). Overigens kan het aantal herhalingen per serie van atleet tot atleet verschillen. Soms is het beter met twee herhalingen te werken. Cruciaal is dat het geleverde vermogen steeds op een hoog niveau blijft, er mag geen sprake zijn van verval. In dat geval zijn de rustpauzes te kort. Wanneer vermogensmeting niet voorhanden is, is het oog van de trainer doorslaggevend.



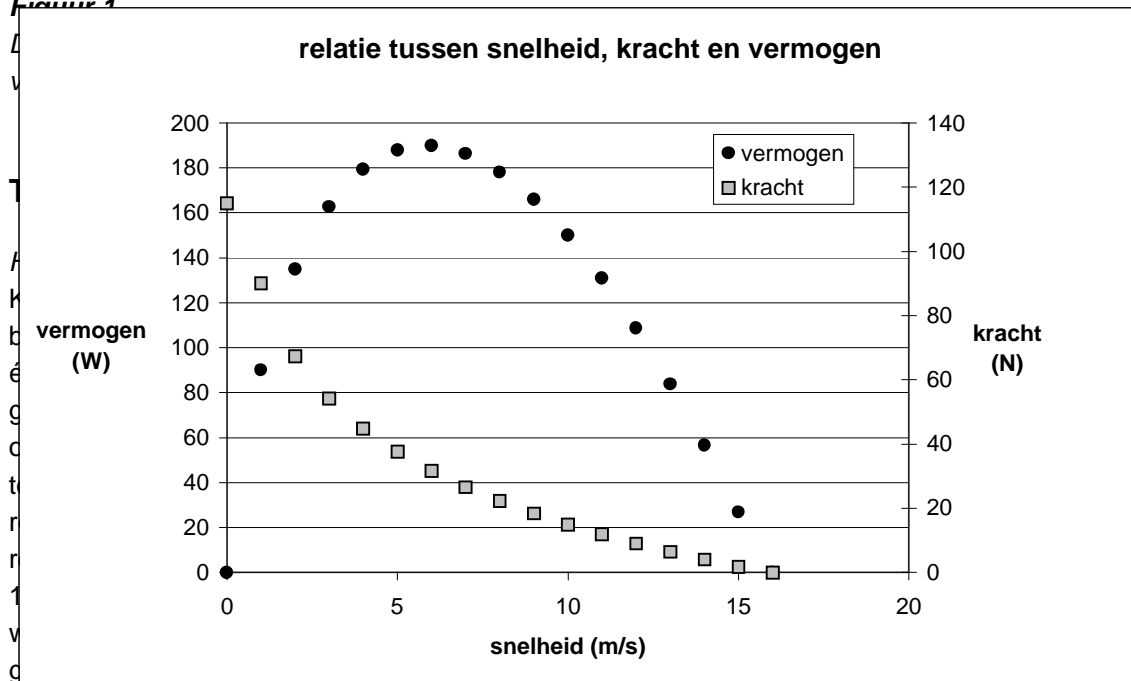
meetwaarden van twee atleten die allebei een bepaald gewicht hebben gekozen. Beide atleten beginnen de beweging zo explosief mogelijk. Atleet 1 weet bij zijn gekozen gewicht tot aan de 16<sup>e</sup> herhaling heel goed het beginvermogen vast te houden, daarna zakt het geleverde vermogen enigszins terug. Dat laatste geeft aan, dat er sprake is van uitputting van de snelle spiervezels en dat het percentage trage spiervezels, dat aan de beweging bijdraagt, stijgt. De atleet kan het aantal herhalingen, ondanks een geringe daling van de bewegingssnelheid, echter goed afmaken: precies zoals het hoort. Van herhaling 16 tot en met 30 is er sprake geweest van een verhoogde recruitering van trage spiervezels, terwijl de snelheid van uitvoering niet te veel is gezakt.

Atleet 2 heeft het gewicht te hoog gekozen. Na 6 herhalingen begint het geleverde vermogen te zakken, en na 14 herhalingen moet de atleet de oefening staken. Eigenlijk zijn er nu maar een paar efficiënte herhalingen geweest; vanaf herhaling 7 tot en met 10. Na de tiende herhaling geeft het geleverde vermogen aan, dat de bewegingssnelheid en kracht niet hoog genoeg meer zijn om van specifieke krachttraining te kunnen spreken.

Conclusie: kies het gewicht zo, dat een zo groot mogelijk aantal herhalingen uitgevoerd kan worden waarbij er sprake is van enige uitputting van snelle spiervezels (daling van het geleverde vermogen), maar een niet te sterke daling van de bewegingssnelheid. Over het algemeen werkt het het beste om 30 tot 40 herhalingen te gebruiken. Essentieel is, dat de atleten vanaf het begin van een serie de beweging maximaal explosief inzetten. Zo wordt het uitputten van snelle spiervezels in de hand gewerkt. De ervaring leert, dat atleten de neiging hebben een serie wat rustig te beginnen, om aan het einde wat "over te houden". Een niet geheel onlogische instelling, maar absoluut niet gewenst! Daar ligt een taak voor de trainer. Wanneer vermogensmeting niet mogelijk is, dan geeft het oog van de trainer de doorslag. Nu gelden dezelfde regels. Kies het gewicht zo, dat je 15 herhalingen explosief en snel uit kunt voeren, en de 15 herhalingen daaropvolgend enigszins aan snelheid inboeten. Uiteraard is dat niet eenvoudig zonder de registratie van het vermogen. Het komt er dan op aan dat de

beweging met zo hoog mogelijk vermogen (power) uitgevoerd wordt, waardoor de snelle spiervezels snel uitgeput raken. De tweede helft van de herhalingen zal dan met minder power uitgevoerd kunnen worden, zodat men verzekerd is van een percentageel zo hoog mogelijke recrutering van trage spiervezels (zie figuur 2). Uiteraard mag het vermogen aan het eind van de herhalingen niet te veel dalen, omdat dan de vereiste van specificiteit in snelheid in het gedrang komt. Derhalve is een juiste keuze van het gewicht van essentieel belang.

**Figuur 1**



apparaten (bv leg-press) en minder wanneer gewerkt wordt met losse gewichten (bv squat). Dit laatste wordt vermoedelijk veroorzaakt door de inhiberende werking van balans en controle (Kraemer et al., 1998). Bij de leg-press kunnen op 80% 1RM soms tot 20 herhalingen uitgevoerd worden. Krachtsporters die voornamelijk krachtontwikkeling voor ogen hebben zullen bij deze oefening dus het percentage 1RM moeten verhogen. Aan de andere kant kan bij duursporters, die hypertrofie en afname van mitochondriën willen vermijden en die bijvoorbeeld een optimum van snelheid en kracht beogen door te trainen met 30 tot 40% 1RM, het maximale aantal herhalingen zeer hoog zijn (meer dan 50). Bovendien wordt dit maximale aantal herhalingen enorm beïnvloed door de inzet van de atleet en de techniek van uitvoeren (cyclisch of a-cyclisch). Het ideale gewicht voor de duuratleet is dus niet te bepalen uit het maximaal aantal herhalingen dat uitgevoerd kan worden en al evenmin door het maximale gewicht te bepalen. Dit laatste is hoe dan ook ongewenst, omdat bij maximale contracties de kans op blessures groot is, zeker bij atleten die niet gewend zijn met zware gewichten te werken.

Hoe dan wel het gewicht en het aantal herhalingen te kiezen? Dat is afhankelijk van de doelstelling. Als het gaat om het versterken van de snelle spiervezels, teneinde de explosiviteit te verbeteren, is het bepalen van het trainingsgewicht zeer eenvoudig. De atleet gebruikt een gewicht waarbij hij/zij precies op de top van zijn snelheids-vermogen curve zit. Immers, wielrennen is een sport waarbij het geleverde vermogen cruciaal is. De meeste trainingsprogressie is dan ook te verwachten wanneer vanuit dat oogpunt wordt getraind. Het beste kan de beweging uitgevoerd worden met apparatuur die het vermogen registreert. De atleet kan dan eenvoudigweg het gewicht kiezen dat het hoogste vermogen oplevert. Het beste kan dan gewerkt worden met zeer korte series (2 of 3 herhalingen), met tussen de series een zeer korte rust (enkele seconden). In totaal kunnen 10 of zelfs meer series uitgevoerd worden. Zo is gedurende de hele serie de beweging met een bijna maximale power uit te voeren

### *Hoek*

Er is -een klein beetje 'carry-over' naar aangrenzende hoeken uitgezonderd - alleen een trainingseffect bij de bewegingshoeken die getraind worden (Morrissey et al., 1995). Omdat wielrenners een piekkracht leveren wanneer de crank een hoek van 90° maakt (pedaal recht naar voren) en de krachten die buiten de crankhoeken 30° en 150° geleverd worden te verwaarlozen zijn (Coyle et al., 1991), dient de krachttraining uitgevoerd te worden binnen de kniehoeken die bij deze crankhoeken horen. Uiteraard verschilt dat enigszins per wielrenner, in verband met de verhouding tussen beenlengte en cranklengte. Gemiddeld betekent dit echter, dat met een kniehoek tussen 100° en 150° getraind zou moeten worden.

### *Richting*

Excentrische contracties moeten bij krachttraining door wielrenners zoveel mogelijk worden vermeden. Dergelijke contracties spelen bij wielrennen geen rol en bovendien zijn er aanwijzingen, dat het herstel na excentrische spierarbeid veel trager plaatsvindt dan na concentrische arbeid. De aanvulling van spierglycogeen bereikt zelfs nooit het niveau van het herstel na concentrische arbeid (Costill et al., 1990). Bovendien resulteert excentrische krachttraining veel sneller dan concentrische training in hypertrofie (Sale, 1981; Tesch, 1998) en die is doorgaans ongewenst.

### *Vezeltype*

Zoals eerder is aangegeven, kan bij zeer duurgetrainde wielrenners de kracht van trage spiervezels een beperkende factor zijn voor het submaximale prestatievermogen. Het primaire doel van de krachttraining is dan ook - in tegenstelling tot wat vaak wordt verondersteld - het versterken van de trage spiervezels. De krachttraining dient derhalve uit bewegingen te bestaan waarbij zoveel mogelijk trage spiervezels worden gerecruteerd. Bij maximale of bijna maximale contracties worden alle spiervezels gebruikt, maar de beweging is dan zeer traag en resulteert in allerlei intramusculaire veranderingen die voor de duursporter nadelig kunnen zijn. Zoals eerder is aangegeven, is er een bepaald gewicht waarbij een atleet het grootste vermogen (het produkt van kracht en snelheid) kan leveren. Soms wordt verondersteld, dat dat gewicht ongeveer 30 à 40% is van het zogenoemde 1RM (repetitie-maximum), het maximale gewicht dat één keer verplaatst kan worden. Dat is niet altijd waar, bij bewegingen waarbij grote spiergroepen actief zijn, ligt dat percentage veel hoger (Kraemer et al., 1998). In figuur 1 is een overzicht gegeven van de relatie tussen snelheid, kracht en vermogen. Bij een hoge bewegingssnelheid is de maximaal te leveren kracht laag en vice versa. Deze figuur onderstreept nog eens, dat bij krachttraining voor wielrenners, waarbij specificiteit van de bewegingssnelheid een vereiste is, het werken met zware gewichten niet erg zinvol is. Daarnaast geeft de figuur aan, dat bij een bepaalde combinatie van snelheid en kracht het hoogste vermogen geleverd kan worden: de top in de snelheid-vermogen curve. Dat dit van belang is bij het kiezen van de trainingsgewichten zal verderop worden toegelicht. Als een aantal herhalingen wordt uitgevoerd met het gewicht waarbij het grootste vermogen geleverd kan worden, dan zal het type gerecruteerde spiervezels verschuiven van snel naar traag (Jacobs et al., 1981). Ook volgens Bosco (1998) neemt het percentage trage spiervezels dat gerecruteerd wordt tijdens een 1 minuut durende maximale spring test (atleten springen gedurende 1 minuut zo hoog mogelijk), toe. De snelle spiervezels worden in eerste instantie gebruikt en raken daardoor vermoeid, waarna overgeschakeld wordt op trage spiervezels: de atleet springt steeds minder hoog. Uiteraard is dit een zeer simpele voorstelling van zaken, maar wat belangrijk is, is dat trage spiervezels voornamelijk gebruikt worden (tijdens explosief uitgevoerde bewegingen met een hoog vermogen) wanneer snelle spiervezels reeds uitgeput zijn. Dit heeft zijn beslag op het aantal herhalingen dat door de duuratleet uitgevoerd moet worden. Het zijn immers juist de trage spiervezels die versterkt moeten worden. De atleet moet het gewicht dus zo kiezen, dat een groot aantal herhalingen gemaakt kan worden, terwijl de

zeer hoog percentage trage spiervezels (78%) bij het fietsen met een toerental van 60 en 100 tpm respectievelijk 23.3 en 19.6% is. Daarentegen functioneren snelle spiervezels beter bij een hoger toerental. Uiteraard is het opvoeren van het toerental aan grenzen gebonden, omdat het aandeel van snelle spiervezels steeds kleiner wordt, zodat het voordeel van het beter functioneren van snelle spiervezels bij een hoger toerental steeds kleiner wordt. Zo nadert elke coureur (volgens dit enigszins theoretisch concept) zijn ideale toerental, waarbij het meeste vermogen gedurende lange tijd geleverd kan worden. Door krachttraining zou dit ideale toerental lager kunnen worden, doordat meer trage spiervezels in staat zijn reeds bij een laag toerental de benodigde kracht per pedaalomwenteling te leveren. Dit levert dan een hoger vermogen op, omdat de trage spiervezels dichter bij hun optimale snelheid contraheren. Wellicht dat het ook mogelijk is dit vermogen te verhogen, door juist het toerental waarbij trage spiervezels de hoogste efficiëntie hebben door training op te voeren. De literatuur geeft op dit punt geen uitsluitel. Wel is het zo, dat door duurtraining de maximale contractiesnelheid van trage spiervezels toeneemt en die van snelle spiervezels afneemt (Morgan et al., 1995; Fitts en Widrick, 1996). Bovendien is aangetoond, dat een spier de hoogste efficiëntie bereikt bij een contractiesnelheid van ongeveer 1/3 van de maximale contractiesnelheid (Horowitz et al., 1994). Vanuit die optiek neemt de optimale contractiesnelheid ook toe, parallel aan de maximale contractiesnelheid. Wellicht kan het consequent uitvoeren van de duurtraining met een hoge contractiesnelheid een dergelijke aanpassing teweeg brengen. Op basis van de huidige wetenschappelijke kennis lijkt een combinatie van krachttraining en lichte duurtraining met hoge contractiesnelheid de beste methode te zijn om de efficiëntie - en dus het vermogen - bij submaximale inspanning te verhogen.

## **Specificiteit van krachttraining**

### *Snelheid*

Diverse auteurs stellen, dat er bij krachttraining alleen een trainingseffect is voor contractiesnelheden op of rond de snelheid waarmee getraind wordt (Faria, 1984; Bell en Wenger 1992; Behm en Sale, 1993; Kraemer et al., 1998). Vermoedelijk spelen neurale aanpassingen een belangrijke rol. Wellicht worden tijdens contracties met hoge snelheid alleen bepaalde motor units en/of spiervezels geactiveerd. De intentie om een snelle beweging uit te voeren blijkt de meest cruciale factor te zijn (Behm en Sale, 1993).

De hoeksnelheid in het kniegewricht van een wielrenner is bij een toerental van 80 resp. 110 tpm ongeveer 190 resp. 260 °/sec. Volgens het bovenstaande principe van specificiteit zou de krachttraining met dezelfde snelheid uitgevoerd moeten worden. Dat is alleen exact te bepalen wanneer men in het bezit is van een dynamometer, waarmee bijvoorbeeld isokinetische bewegingen uitgevoerd kunnen worden. Krachttraining met behulp van dergelijke apparatuur is dan ook nastrevenswaardig! Wanneer een dynamometer echter niet voorhanden is, is trainen met losse gewichten een alternatief. In dat geval zal, wanneer men zo snel mogelijk probeert uit te stoten, het gewicht de snelheid van de beweging bepalen. Immers, er is een omgekeerde relatie tussen de snelheid waarmee een beweging uitgevoerd kan worden en de geleverde kracht (o.a. Bell en Wenger, 1992; zie figuur 1). De bewegingssnelheid van wielrenners is zo hoog, dat deze in het krachthonk vermoedelijk slechts benaderd kan worden. De uit te voeren beweging wordt dan een compromis tussen gewicht en snelheid: zoveel mogelijk gewicht bij een zo hoog mogelijke snelheid, oftewel het gewicht waarmee het hoogste vermogen (snelheid x kracht) geleverd kan worden. Idealiter voert men de training uit op apparatuur waarmee het geleverde vermogen gemeten kan worden. De atleet kan dan op basis van terugkoppeling zijn/haar ideale gewicht (voor die oefening) vaststellen.

vezellengte/sec, terwijl dat voor snelle spiervezels bij 5 vezellengtes/sec het geval is. Ter vergelijking: bij een toerental van 90 tpm is de contractiesnelheid van de m. vastus lateralis 1,5 vezellengte/sec. De efficiëntie van trage spiervezels is bij de toerentallen die wielrenners gebruiken dus veel groter dan die van snelle spiervezels. Het is dus alleen al vanwege dit verschil essentieel, dat bij een bepaalde intensiteit zoveel mogelijk trage spiervezels gerecrueteerd worden. Geargumenteed wordt, dat atleten die een groter percentage trage spiervezels hebben ook tijdens een submaximale inspanning meer trage spiervezels gebruiken en daardoor een groter vermogen kunnen leveren bij een maximale inspanning van een uur. De auteurs bestrijden de eerder genoemde hypothese, dat het hogere vermogen van de trage spiervezels onder deze omstandigheden verklaard zou worden door een betere aerobe resynthese van ATP. Het klopt dat trage spiervezels bij ongetrainden ongeveer twee keer zoveel mitochondriën (en dus vermogen tot oxidatie) hebben dan snelle spiervezels. Echter, bij duurgetrainden vertonen snelle spiervezels bijna net zoveel mitochondriale activiteit van de Krebs-cyclus enzymen als trage spiervezels (Coyle et al., 1988; Horowitz et al., 1994). Dit wordt bevestigd door de resultaten van het bovengenoemde onderzoek, waar de proefpersonen met een hoog percentage trage spiervezels dezelfde  $VO_2$ max en dezelfde  $VO_2$  tijdens de submaximale test hebben, als de groep met een laag percentage trage spiervezels. Veel belangrijker is, dat enzymen die betrokken zijn bij de vetoxidatie meer voorkomen in trage spiervezels, terwijl enzymen die betrokken zijn bij de glycolyse meer in snelle spiervezels voorkomen. Snelle spiervezels zullen dus sneller koolhydraten afbreken dan trage spiervezels. Bij een deel van de afbraak van koolhydraten wordt het pyruvaat niet verder geoxideerd in de Krebs cyclus, maar gaat over in melkzuur. Dus ongeacht de aanwezigheid van voldoende "hardware" (mitochondriën) of "software" (zuurstof), wordt in de snelle spiervezels melkzuur gevormd. Samengevat: het grotere aandeel van trage spiervezels tijdens submaximale inspanning levert een groter vermogen op, omdat snelle spiervezels enerzijds bij het toerental dat wielrenners hanteren minder efficiënt zijn dan trage spiervezels en anderzijds omdat snelle spiervezels meer melkzuur produceren.

Voor de fietspraktijk betekent het bovenstaande - enigszins hypothetisch - het volgende. Als een renner bergop rijdt, is het zowel vanuit het oogpunt van efficiëntie als vanuit het oogpunt van een geringe koolhydraatafbraak essentieel, dat zoveel mogelijk trage spiervezels worden gerecrueteerd. Het toerental ligt tussen 60 en 80 tpm. Dat komt ongeveer overeen met de optimale contractiesnelheid van trage spiervezels (1 vezellengte/sec). Het gebruiken van trage spiervezels komt echter juist bij dit toerental in het gedrang, omdat per pedaalomwenteling veel kracht geleverd moet worden. Zoals in het onderzoek van Hickson al is gemeld, zullen bij onvoldoende kracht van trage spiervezels, de snelle spiervezels een groot aandeel hebben in het geleverde vermogen. Krachttraining lijkt dus juist voor deze discipline zeer relevant, omdat de kracht van trage spiervezels een cruciale rol speelt.

Op vlak terrein (voor het gemak bijvoorbeeld tijdens een vlakke tijdrit) ligt het toerental tussen 90 en 110 per minuut. Het gebruik van trage spiervezels is nu minder cruciaal dan bij de situatie bergop. Het toerental ligt veel hoger dan het toerental waarbij trage spiervezels een optimale efficiëntie hebben en de kracht die per omwenteling op de pedalen geleverd wordt is lager dan bij de situatie bergop. Bovendien is het minder nadelig snelle spiervezels te gebruiken op vlak terrein, omdat er nu - in tegenstelling tot bergop - regelmatig rustpunten kunnen voorkomen waar het gevormde melkzuur weer geconsumeerd kan worden. Een renner die tijdens een tijdrit 48 kilometer per uur rijdt, kan door het kiezen van een relatief klein verzet (52x15,  $\pm 110$  tpm) de kracht die per omwenteling geleverd moet worden zó klein maken, dat het aantal gerecrueteerde snelle spiervezels tot een minimum beperkt blijft. Dit is in overeenstemming met de conclusie van Takaishi et al. (1998) dat getrainde wielrenners een toerental kiezen waarbij zoveel mogelijk trage spiervezels gerecrueteerd worden. Een nadeel is, dat de trage spiervezels verder van hun optimale contractiesnelheid contraheren, waardoor de efficiëntie afneemt. Suzuki stelde in 1979 vast, dat de efficiëntie van proefpersonen met een

maximale lactaat steady state): Voor krachttraining  $70 \pm 6$  min, na krachttraining  $85 \pm 6$  min. De  $VO_2$ max veranderde niet, zoals ook al in eerdere onderzoeken is vastgesteld. Opvallend is dus, dat de percentuele progressie in volhoudtijd bij submaximale inspanning bijna twee keer zo groot is als bij maximale inspanning. Vaak wordt de vergissing gemaakt, dat krachttraining vooral een positief effect heeft op explosieve onderdelen van de wielersport, zoals het aanzetten na een bocht of het inzetten van een sprint. Uit de gegevens van dit onderzoek blijkt het tegendeel. De verklaring die wordt gegeven is enigszins hypothetisch, maar plausibel. Wanneer een wielrenner met een toerental van 60 toeren per minuut (bijvoorbeeld bergop) op 85% van zijn  $VO_2$ max fietst, dan loopt de piekbelasting per pedaalomwenteling op tot 50-60% van de maximale kracht die de wielrenner op de pedalen kan uitoefenen. In dat geval wordt er een aantal snelle spiervezels gerecruteerd, met een verhoogde melkzuurproductie en een lagere mechanische efficiëntie tot gevolg. Na het krachttrainingsprogramma dat de proefpersonen in dit onderzoek hebben gevolgd, was de maximale kracht van de onderste ledematen met 20 tot 30% toegenomen, waardoor - zo wordt geargumenteed - de piekbelasting per pedaalomwenteling bij de bovenstaande intensiteit daalt van 50-60% naar 35-45% van de maximaal haalbare waarde. In dat geval wordt het aandeel van trage spiervezels groter en daalt (dus) de melkzuurproductie, met een mogelijke verschuiving van de maximale lactaat steady state als gevolg. Belangrijk is, dat alle fietstests in dit onderzoek zijn uitgevoerd met een toerental van 60 toeren per minuut (tpm). Mogelijkerwijs is dat één van de redenen voor het grote effect van krachttraining op de volhoudtijd bij submaximale inspanning. Immers, bij een hoger toerental (bijvoorbeeld 100 tpm) is de piekbelasting per pedaalomwenteling - als percentage van de maximale kracht die op de pedalen uitgeoefend kan worden - veel lager, met als vanzelfsprekend een geringere recrutering van snelle spiervezels. Dit werd in 1992 bevestigd door Ahlquist et al., die een grotere glycogeendepletie van snelle spiervezels constateerden na een half uur fietsen op ongeveer 85%  $VO_2$ max met een toerental van 50 tpm, dan na een half uur fietsen met dezelfde intensiteit bij 100 tpm (49% en 33% respectievelijk). In die optiek lijkt het potentieel van krachttraining het grootst voor het fietsen bergop, waarbij lagere toerentallen worden gehanteerd dan in bijvoorbeeld een vlakke tijdrit. De ergometertest die in het bovenstaande onderzoek is gebruikt, is zeer vergelijkbaar met bergop fietsen. Niet alleen vanwege het vergelijkbare toerental, maar ook vanwege de kleine hoeveelheid bewegingsenergie die de fietser tijdens het fietsen op de ergometer heeft: zodra je stopt met trappen, sta je stil.

## **Snelle en trage spiervezels: kracht en efficiëntie**

Menig onderzoek heeft zich gericht op de vraag waarom bij submaximale inspanning de recrutering van trage spiervezels de voorkeur verdient boven snelle spiervezels. Over het algemeen wordt aangenomen, dat trage spiervezels een groter vermogen hebben om ATP aëroob te resynthetiseren, waardoor de anaërobe afbraak van glucose wordt beperkt. Dit wordt echter in diverse onderzoeken bestreden. In verschillende artikelen van o.a. Coyle wordt onderzoek naar het effect van de verhouding in spiervezeltypes op de duurprestatie beschreven (Coyle et al., 1991; Coyle et al., 1992; Horowitz et al., 1994). In het meest recente onderzoek werden de proefpersonen uit een populatie van duurgetrainde wielrenners ingedeeld in een groep met een hoog percentage trage spiervezels en een groep met een laag percentage trage spiervezels. Beide groepen fietsten een constante belasting test van een uur, met de hoogst mogelijke belasting die een uur lang volgehouden kon worden. De  $VO_2$  voor beide groepen was gelijk, maar het geleverde vermogen, en dus de bruto efficiëntie, voor de groep met het hoge percentage trage spiervezels was hoger. Als verklaring hiervoor gaf men, dat trage spiervezels de hoogste efficiëntie hebben bij een contractiesnelheid van 1

# Wielrennen

## Inleiding

Duurgetrainde atleten, zoals wielrenners, moeten in staat zijn om gedurende lange tijd een relatief matig vermogen vol te houden. Derhalve is duurtraining erop gericht dit vermogen te vergroten door middel van langdurige trainingen met een relatief lage belasting. Krachttraining daarentegen is erop gericht de kracht te vergroten en bestaat uit kortdurende inspanningen met een zeer hoge belasting. Het toevoegen van krachttraining aan een duurtrainingsprogramma lijkt dus tegen het principe van specificiteit in te druisen. Lange tijd heeft men dan ook sceptisch gestaan tegenover de mogelijke voordelen van krachttraining voor duursporters. Natuurlijk is een wielkoers niet alleen een duurprestatie. Daarvoor is de intensiteit ervan te afwisselend. Lange periodes van relatieve rust worden afgewisseld met felle demarrages, aanzetten na bochten en sprints. Alleen al voor deze explosieve onderdelen van de wielersport lijkt krachttraining zijn nut te kunnen hebben. Maar er is meer aan de hand. Bij zeer goed getrainde wielrenners kan het vermogen dat langdurig volgehouden kan worden - oftewel het vermogen bij de maximale lactaat steady state - zo hoog zijn, dat kracht een beperkende rol kan spelen. Vooral wanneer het toerental - bijvoorbeeld bergop - laag is en de piekkracht per pedaalslag hoog, kan een tekort aan kracht de meest efficiënte recrutering van spiervezels in de weg staan. In tegenstelling tot wat vaak verondersteld wordt, kan krachttraining dus niet alleen een zinvolle bijdrage leveren aan de explosiviteit, maar ook (en vooral) aan het vermogen dat bij een submaximale intensiteit geleverd kan worden.

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de wetenschappelijke basis voor het nut van krachttraining voor wielrenners. Daarnaast wordt aandacht besteed aan de criteria waaraan een krachttrainingsprogramma voor wielrenners zou moeten voldoen.

## Onderzoek naar de effecten van krachttraining op de duurprestatie

Over het potentieel van krachttraining voor het verbeteren van de duurprestatie is enige onenigheid in de literatuur. Hickson et al. (1980) en later Marcinik et al. (1991) toonden aan, dat krachttraining bij ongetrainden resulteert in een langere volhoudtijd bij een submaximale belasting, bij een gelijkblijvende  $VO_2max$ . Daarentegen vonden Bishop et al. (1977) geen progressie in onder meer lactaatsdrempel en de prestatie tijdens een één uur test wanneer krachttraining werd toegevoegd aan het trainingsprogramma van duurgetrainde wielrensters. De belangrijkste indicatie voor een mogelijk positief effect van krachttraining op de duurprestatie wordt geleverd door een onderzoek van Hickson et al. (1988). In dit onderzoek ondergingen 8 duurgetrainde proefpersonen eerst een duurtrainingsprogramma van minimaal 3 maanden (3 keer fietsen en 2 tot 3 keer hardlopen), waarna een krachttrainingsprogramma aan de duurtraining werd toegevoegd. Het toevoegen van de krachttraining had diverse effecten. Uiteraard nam de kracht toe, met ongeveer 20 tot 30%. De volhoudtijd bij een bepaalde, zeer hoge belasting op de fietsergometer nam toe van gemiddeld  $362 \pm 10$  sec (voor de krachttraining) naar  $403 \pm 25$  sec (na de krachttraining). De meeste progressie werd gevonden in de volhoudtijd bij een belasting die overeenkomt met 80-85% van de  $VO_2max$  (in de buurt van de