

Wereldkampioen wielrennen Michal Kwiatkowski won in april na een rit van 258 km vol steile klimmetjes de 50ste Amstel Gold Race. Na een zeer lange duurinspanning was Kwiatkowski in staat om in de 'massasprint' de hoogste pieksnelheid te bereiken. Maar hoe moet je trainen voor sporten waarbij zowel een grote maximale kracht als een groot duurvermogen prestatiebepalend zijn?

Kracht- en duurtraining combineren Aanvullende trainingsvormen of tegenpolen?

Paul Schermers

Het onderzoek naar concurrente training (in het Engels 'concurrent training'), met andere woorden het combineren van kracht- en duurtraining binnen één training of op één dag, vond zijn oorsprong toen de Amerikaanse powerlifter Robert Hickson zijn postdoctorale onderzoek uitvoerde in het laboratorium van dr. John Holloszy. Holloszy, een toonaangevend onderzoeker op het gebied van duurtraining, verliet dagelijks de campus voor een duurloop. Om indruk te maken op zijn nieuwe baas ging Hickson met hem meetrainen. Na enige tijd merkte hij echter, dat zijn spiermassa en -kracht afnamen, terwijl hij zijn krachttraining nog steeds op dezelfde intensiteit en met dezelfde frequentie uitvoerde als voorheen. Toen Hickson dit probleem voorlegde aan Holloszy stelde die voor dat Hickson dat maar moest gaan onderzoeken op het moment dat hij zijn eigen laboratorium zou hebben.¹ Hickson volgde dit advies op en liet in 1980 in zijn eerste studie naar concurrente training zien dat het combineren van kracht- en duurtraining tot een minder grote stijging van de maximale kracht leidt dan het uitvoe-

ren van alleen de krachttraining.² De uitgevoerde concurrente training had echter geen nadelig effect op de verbetering van het duurvermogen. De maximale zuurstofopname ($VO_2\max$) steeg in gelijke mate na de concurrente training in vergelijking met het uitvoeren van alleen duurtraining. In de 35 jaar nadat Hickson zijn eerste resultaten publiceerde, is er veel onderzoek verricht naar concurrente training en de effecten daarvan. In dit artikel komen de belangrijkste bevindingen uit dat onderzoek aan bod.

Aanpassingen aan duur- en krachttraining

De aanpassingen van het lichaam als reactie op fysieke training zijn sterk afhankelijk van de manier waarop en de intensiteit waarmee getraind is. Als gevolg van *duurtraining* passen de spieren zich zodanig aan dat zij beter in staat zijn om energie vrij te maken met behulp van zuurstof. Daarnaast zal, afhankelijk van de initiële getraindheid, de $VO_2\max$ na een periode van duurtraining stijgen en zal de doorbloeding van de spieren verbeteren.^{1,3,4} Het resultaat van deze aanpassingen is dat er tijdens

submaximale inspanning meer vetverbranding plaatsvindt, waardoor de glycogeenvoorraad in de spier minder snel uitgeput raakt. Daarnaast hoopt zich minder melkzuur op in de spier.^{1,3,5} Door deze aanpassingen zal de sporter een bepaalde duurspanning langer kunnen volhouden en/of duurprestaties kunnen leveren bij een hoger percentage van zijn $\dot{V}O_2\text{max}$. Na een periode van *krachttraining* kunnen de belaste spieren, afhankelijk van de manier van trainen, meer kracht genereren en/of sneller hun maximale kracht leveren. De snelheid waarmee een sporter zijn maximale kracht kan

lijkt is van de maximale kracht of juist van het duurvermogen, is voor de meeste sporten een specifieke combinatie van kracht en duurvermogen vereist. Zo zal Kwiatkowski een zeer hoog duurvermogen moeten hebben aangezien de meeste wedstrijden die hij rijdt 200-250 km lang zijn. Hij moet tevens over een hoog maximaal vermogen beschikken. Dit hoge piekvermogen moet hij overigens kunnen leveren als hij al meer dan 200 km gefietst heeft. Het duurvermogen is voor Kwiatkowski dus bepalend om überhaupt aan de finale mee te kunnen doen. In die eindfase is hij vervolgens

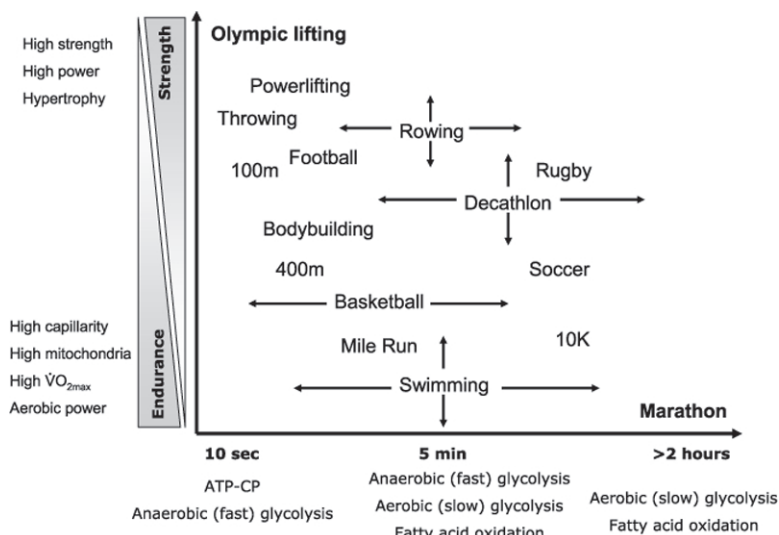
prestatie afhankelijk is van de kracht en het duurvermogen.

Effect concurrente training op trainingsadaptatie

Zoals reeds aangegeven bleek uit het eerste onderzoek naar concurrente training dat de kracht er minder door toeneemt dan na alleen krachttraining, maar dat de duurprestatie ongemoeid blijft.² Of het onderzoek dat sindsdien is uitgevoerd die conclusies onderbouwt, komt hieronder aan bod. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de invloed van krachttraining op de effecten van duurtraining en omgekeerd.

Invloed krachttraining op effect duurtraining

Sporters die krachttraining toevoegen aan hun trainingsschema kunnen hierdoor hun duurprestatie verbeteren.^{5,7-9} De betere prestatie is toe te schrijven aan verbeteringen van de kracht-snelheidseigenschappen van de getrainde spieren die normaal optreden als gevolg van krachttraining. Dus een betere neurale aansturing, hypertrofie en een betere 'rate of force development'.^{6,7} Door de verbetering van de spiereigenschappen kunnen duursporters een hoger maximaal vermogen leveren, ook als ze daarvoor een lange duurspanning hebben geleverd.⁷ Dit speelt bijvoorbeeld een belangrijke rol in de eindsprint bij het wielrennen, zoals Kwiatkowski liet zien tijdens de Amstel Gold Race. Duursporters die niet gewend zijn aan krachttraining zouden zich vooral moeten richten op het verbeteren van hun maximale kracht. Duursporters die al wel gewend zijn aan krachttraining zouden vooral explosieve oefeningen moeten uitvoeren om hun kracht-snelheidseigenschappen nog verder te verbeteren.⁷ Naast een verbetering van de spiereigenschappen gaan hardlopers door de krachttraining ook economischer lopen.⁷ Met andere woorden: ze ver-



Figuur 1. De mate waarin prestaties in verschillende sporten afhankelijk zijn van kracht en uithoudingsvermogen (overgenomen uit Nader⁴).

leveren noemt men ook wel de 'rate of force development'. Deze veranderingen zijn onder andere het gevolg van een betere neuromusculaire aansturing (ook wel rekrutering genoemd), hypertrofie van de snelle type II spiervezels en een verandering in de spiervezelverdeling.⁶

Sportspecifieke verhouding kracht versus duur

Hoewel er uiteraard sporten zijn waarbij de prestatie voornamelijk afhanke-

lijk is van zijn succes afhankelijk van zijn piekvermogen. Voor tienkampers zoals Eelco Sintnicolaas ligt de optimale verdeling tussen duurvermogen en maximale kracht heel anders. Zo moet Sintnicolaas zeer explosief zijn tijdens de diverse sprint-, werp- en springnummers. Daarnaast moet hij een hoogintensieve duurspanning leveren tijdens de 1500 meter. Het trainen voor een tienkamp of voor een wielklassieker (om twee voorbeelden te noemen) vereist dus een totaal andere trainingsaanpak, met sportspecifieke accenten op duur en kracht. In figuur 1 is voor een aantal sporten weergegeven in welke mate de

bruiken minder energie per kilometer. Hierbij lijkt het er wat betreft de loop-economie op dat de verbetering vooral optreedt bij snelheden die voor de betreffende loper van belang zijn. Zo liepen zeer goed getrainde hardlopers bijvoorbeeld alleen economischer bij een snelheid van 18 km/u en niet bij 14 en 16 km/u.¹⁰ Of bij fietsen de efficiëntie verbetert, is vooralsnog minder duidelijk.¹¹

Het uitvoeren van krachttraining heeft daarnaast geen negatieve gevolgen voor de aanpassingen die het lichaam heeft ondergaan door de duurtraining, zoals een betere doorbloeding van de spieren en een stijging van de $VO_2\text{max}$.¹¹ Ook blijkt dat duursporters niet zwaarder worden als zij gedurende 8-16 weken krachttraining toevoegen aan hun trainingsschema.¹¹

Invloed duurtraining op effect krachttraining

Zoals Hickson zelf in de praktijk al ondervond als gevolg van zijn duurlopen met Holloszy, leidt concurrente training tot geringere effecten van krachttraining.^{2,7,9} Zo is een minder grote toename gevonden van de maximale kracht, het vermogen, de 'rate of force development' en de hypertrofie.^{1,5,9} Bij deze gevonden effecten dienen twee kanttekeningen gemaakt te worden.

De eerste kanttekening heeft betrekking op het verschil in effect tussen hardlopers en fietsers. Bij hardlopers blijkt het negatieve effect namelijk groter in vergelijking met fietsers.^{5,9} De precieze oorzaak hiervoor is onduidelijk. Mogelijk heeft het te maken met de manier waarop spieren samentrekken tijdens de geleverde inspanning. Tijdens fietsen vindt voornamelijk concentrische spieractiviteit plaats (spieren verkorten tijdens de contractie), terwijl lopen een grote excentrische component heeft (spieren moeten kracht leveren terwijl ze worden verlengd).

De tweede kanttekening heeft betrekking op het verschil in effect tussen de spieren van het bovenlichaam en die van de benen.⁹ Waar concurrente training een minder goede adaptatie aan krachttraining van de beenspieren tot gevolg heeft, is dit effect niet gevonden voor de spieren van het bovenlichaam. Het is tot op heden onduidelijk wat hiervan de oorzaak is. Mogelijk heeft het er mee te maken dat er aanzienlijk meer onderzoek is uitgevoerd waarin de inspanning met de benen geleverd moest worden.

Moleculaire aanpassing

De reden waarom duurtraining de effecten van krachttraining kan onderdrukken en andersom niet, is waarschijnlijk gelegen in processen die na de beide vormen van training op moleculair niveau in de spier plaatsvinden. Vanuit moleculair oogpunt bezien is de aanpassing aan een bepaalde training, of dat nu duur-, kracht- of concurrente training is, niets anders dan de activatie van bepaalde eiwitten.¹² Dit kunnen bijvoorbeeld eiwitten zijn die verantwoordelijk zijn voor hypertrofie of voor de aanmaak en aanpassing van mitochondriën. Hoewel het in de tijd van Hickson nog niet mogelijk was om dit te onderzoeken, is in de afgelopen 15 jaar duidelijk geworden welke eiwitten een rol spelen bij krachtstoe-nome of juist bij een stijging van het duurvermogen.

Bij hypertrofie speelt het signaleringsmolecuul (enzym) mTORC1 een belangrijke rol.^{1,3-5} Het gaat voor dit artikel te ver om precies te beschrijven hoe de activatie van mTORC1 tot hypertrofie leidt, maar kort samengevat zorgt mTORC1 er voor dat de spierei-witsynthese na krachttraining toeneemt.⁴ Met andere woorden, mTORC1 leidt tot de aanmaak van spierei-wit en daarmee van spiermassa. In ieder geval tot 18 uur na de krachttraining is de activiteit van mTORC1 verhoogd.

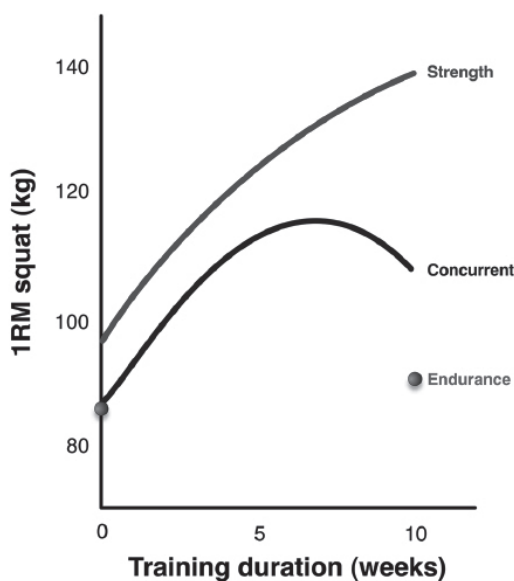
Waar bij krachttraining de adaptatie

vooral afhankelijk is van mTORC1 en de processen die door dat enzym worden beïnvloedt, ligt dat bij duurtraining een stuk complexer. Tijdens duurtraining vinden er in de spier tal van veranderingen plaats, onder andere van de calcium- en lactaatconcentratie en de glycogeenvoorraad.¹ Al deze veranderingen zetten afzonderlijke processen in gang die er uiteindelijk toe leiden dat de betreffende metabole systemen beter geschikt worden voor het leveren van een duurprestatie. Een belangrijke rol hierbij is weggelegd voor het enzym AMPK dat onder andere betrokken is bij de aanmaak en aanpassing van de mitochondriën.^{1,3-5} De AMPK-activiteit neemt tijdens duurtraining toe en houdt tot ongeveer drie uur na afloop aan.

In de praktijk blijkt dat duurtraining de adaptatie aan krachttraining kan onderdrukken. Waar deze interferentie moleculair gezien bij mensen op berust is niet duidelijk.⁵ Bij proefdieren is daar meer over bekend.^{5,13} Het lijkt er in ieder geval op dat de intensiteit van de duuringspanning en de tijd tussen de kracht- en de duuring prikkel bepalend zijn voor de mate waarin mTORC1 wordt onderdrukt. Zo blijkt een intensieve intervaltraining vlak voor een krachttraining de activatie van mTORC1 volledig te onderdrukken¹⁴, terwijl een 45 minuten durende duurtraining op 70% van de $VO_2\text{max}$, uitgevoerd zes uur voor de krachttraining, de activatie van mTORC1 niet onderdrukt.¹⁵

'Interference effect'

Dat duurtraining de effecten van krachttraining onderdrukt noemt men wel het 'interference effect'. In figuur 2 is dit effect weergegeven zoals Hickson het in 1980 had gevonden. Opvallend aan de resultaten van Hickson is dat de kracht in de concurrente-training-groep (onderste lijn) in de eerste 5 weken in dezelfde mate steeg als in de groep die alleen krachttraining uit-



Figuur 2. Het 'interference effect' (overgenomen uit Baar¹).

voerde (bovenste lijn). Het interference effect trad dus pas op na enkele weken training. Er zijn overigens aanwijzingen dat de mate waarin het effect optreedt afhankelijk is van de frequentie, de duur en/of de intensiteit van de uitgevoerde training.¹ Om het effect te minimaliseren is het aan te raden om, in het geval van twee trainingen op één dag, eerst de duurtraining uit te voeren en tenminste drie uur later de krachttraining.^{1,5,16} Wanneer de duurtraining echter een dusdanig lage intensiteit heeft dat de energievoorraden er niet door uitgeput raken, is het te overwegen de krachttraining direct na de duurtraining uit te voeren. Er zijn namelijk aanwijzingen dat dit de adaptatie aan de duurtraining bevordert. Niet in alle studies is echter een verbetering gevonden van de duurprestatie na concurrente training in één trainingssessie.¹⁷ Wanneer kracht- en duurtraining in één training aan bod komen, heeft het de voorkeur om eerst de krachtcomponent te trainen en vervolgens de duurcomponent.⁵

Voeding

De voeding die sporters voor, tijdens en na inspanning innemen heeft een belangrijke invloed op het uiteindelijke effect van de uitgevoerde training. Er

is echter geen onderzoek uitgevoerd naar de precieze energiebehoeften tijdens concurrente training.¹⁶ Het is daardoor alleen mogelijk om voedingsadviezen te geven die gebaseerd zijn op onderzoek dat is uitgevoerd bij alleen duurtraining of alleen krachttraining.

Indien twee trainingen op één dag gepland zijn, is het aan te raden om de duurtraining af en toe uit te voeren met een (deels) uitgeputte glycogeenvoorraad.^{12,16,18} Dit bevordert namelijk de adaptatie. Wat de optimale frequentie is van deze zogenaamde 'train low' strategie is nog onduidelijk.¹⁸ Tijdens de laagintensieve duurinspanning is het te overwegen eiwitten in te nemen, maar in ieder geval geen koolhydraten.

Na de duurtraining dienen de energievoorraden volledig aangevuld te worden, zodat tijdens de krachttraining voldoende energie beschikbaar is. Na de krachttraining ligt de nadruk wat voeding betreft op het innemen van voldoende eiwitten gedurende de periode waarin de spiereiwitsynthese verhoogd is. Hierbij heeft het de voorkeur om elke drie uur 20 gram eiwitten in te nemen die rijk zijn aan leucine, ook vlak voor het naar bed gaan.¹⁶

Advies

Op basis van het voorgaande zijn enkele praktische adviezen te geven bij het combineren van kracht- en duurtraining:

1. Bij afzonderlijke kracht- en duurtraining op één dag heeft het de voorkeur om eerst de duurtraining uit te voeren en tenminste drie uur later de krachttraining.¹ In de praktijk zal dit vaak betekenen dat de duurtraining in de ochtend plaatsvindt en de krachttraining aan het einde van de middag of in de avond.¹⁶
2. Indien de kracht- en duurtraining in één trainingssessie worden uitgevoerd lijkt het de voorkeur te hebben eerst de krachtcomponent te trainen en vervolgens het duurvermogen.⁵
3. In het geval van twee trainingssessies per dag is het wat voeding betreft van groot belang om de energievoorraden na de eerste trainingssessie volledig aan te vullen.¹ Daarnaast is het belangrijk om na de krachttraining voldoende eiwitten in te nemen die rijk zijn aan leucine.^{1,16}
4. Sporters zouden voor de duurtraining een vorm van inspanning moeten kiezen die zo goed mogelijk overeenkomt met bewegingen van hun eigen sport.⁹ Zo kunnen schaatsers voor het verbeteren van het duurvermogen bijvoorbeeld beter voor fietsen kiezen dan voor lopen, iets dat ze in de praktijk vaak al doen. Ook voor krachttraining geldt dat de te trainen beweging zo goed mogelijk overeen moet komen met de sportspecifieke bewegingen.¹¹

Conclusie

De studies die de afgelopen 35 jaar zijn uitgevoerd naar het effect van concurrente training onderschrijven de resultaten die Hickson al in 1980 vond, namelijk dat het effect van krachttraining wel, maar dat van duurtraining er niet door wordt onderdrukt. Duurathleten kunnen hun prestatie zelfs verbeteren door krachttraining toe te voegen aan

hun trainingsschema.

Een duidelijke fysiologische oorzaak voor de suboptimale adaptatie aan de krachttraining, ook wel het interference effect genoemd, is nog niet gevonden. Waarschijnlijk spelen de signaleringseiwitten die door duuren krachttraining geactiveerd raken, respectievelijk AMPK en mTORC1, een belangrijke rol.

Een mogelijke oorzaak waarom tot op heden geen precieze oorzaak is gevonden voor het interference effect is de diversiteit van het uitgevoerde onderzoek. Dat verschilt namelijk erg qua opzet, gehanteerde training, en getraindheid van de onderzochte sporters. Daarnaast is er relatief weinig onderzoek uitgevoerd naar de manier van kracht- en duurtraining, de omvang en de intensiteit van de training, de getraindheid van de sporter, de duur van de rust tussen de trainingen en de voeding. Helaas blijven veel vragen hierdoor tot nu toe onbeantwoord. Desondanks is concurrente training voor duursporters een zeer geschikte methode om hun prestatie te verbeteren. In de praktijk verbeteren veel duursporters immers hun prestatie door concurrente training. Negatieve effecten op een duurprestatie zijn nooit gevonden. Pure krachtsporters zoals bijvoorbeeld speerwerpers, remmers bij het bobsleeën en powerlifters zullen daarentegen niet zo snel concurrente training uitvoeren. Zij hebben namelijk geen belang bij het ontwikkelen van duurvermogen.

Literatuur

1. Baar K (2014). Using molecular biology to maximize concurrent training. *Sports Medicine*, 44 (Suppl. 2), 117-125.
2. Hickson RC (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 45 (2-3), 255-263.
3. Hawley JA (2009). Molecular responses to strength and endurance training: Are they incompatible. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34, 355-361.
4. Nader GA (2006). Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38 (11), 1965-1970.
5. Fyfe JJ, Bishop DJ & Stepto NK (2014). Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training variables. *Sports Medicine*, 44 (6), 743-762.
6. Andersen JL & Aagaard P (2010). Effects of strength training on muscle fibre types and size; consequences for athletes training for high-intensity sport. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20 (Suppl. 2), 32-38.
7. Beattie K et al. (2014). The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Medicine*, 44 (6), 845-865.
8. Rønnestad BR et al. (2015). Strength training improves performance and pedaling characteristics in elite cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25 (1), e89-e98, DOI 10.1111/sms.12257.
9. Wilson JM et al. (2012). Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (8), 2293-2307.
10. Saunders PU et al. (2006). Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (4), 947-954.
11. Rønnestad BR & Mujika I (2014). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24 (2), 603-612.
12. Hansen AK et al. (2005). Skeletal muscle adaptation: training twice every second day vs. training once daily. *Journal of Applied Physiology*, 98 (1), 93-99.
13. Thomson DM & Gordon SE (2005). Diminished overload-induced hypertrophy in aged fast-twitch skeletal muscle is associated with AMPK hyperphosphorylation. *Journal of Applied Physiology*, 98 (2), 557-564.
14. Coffey VG et al. (2009). Consecutive bouts of diverse contractile activity alter acute responses in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 106 (4), 1187-1197.
15. Lundberg TR et al. (2012). Aerobic exercise alters skeletal muscle molecular responses to resistance exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44 (9), 1680-1688.
16. Perez-Schindler J et al. (2015). Nutritional strategies to support concurrent training. *European Journal of Applied Physiology*, 15 (1), 41-52.
17. Psilander N et al. (2014). Adding strength to endurance training does not enhance aerobic capacity in cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, DOI 10.1111/sms.12338.
18. Peake JM et al. (2015). Modulating exercise-induced hormesis: does less equal more? *Journal of Applied Physiology*, DOI: 10.1152/japphysiol.01055.2014.

Over de auteur

Paul Schermers werkt sinds vier jaar bij Topsport Topics, hét sportwetenschappelijke kennisinstituut van Nederland (zie www.topsporttopics.nl). Daarvoor was hij werkzaam bij de afdeling Trainingsgeneeskunde en Trainingsfysiologie van het Ministerie van Defensie en binnen het team Sport van TNO