

*Een goede warming up is belangrijk voor het leveren van een maximale sportprestatie. Hoewel de term suggereert dat het er bij een warming up om gaat warm te worden, is dat niet het enige mechanisme dat een rol speelt bij het optimaliseren van de prestatie. Een goede warming up heeft ook effect op de aanvoer van zuurstof ( $O_2$ ), d.w.z. op het verloop van de zuurstofopname ( $VO_2$  respons) tijdens een inspanning<sup>12</sup>. Door het kiezen van een juiste warming up kan het aerobe systeem maximaal benut worden.*

## Optimaal ‘opwarmen’ voor maximale prestaties

### Floor Hettinga

Foto's: Aukje de Vrijer

De vraag is nu hoe een warming up eruit moet zien om de  $VO_2$  respons en daarmee de prestatie gunstig te beïnvloeden. Om hierachter te komen zal in dit artikel eerst op een rijtje worden gezet waar bij het uitvoeren van een warming up over het algemeen rekening mee moet worden gehouden. Vervolgens komt aan de orde hoe en wanneer optimaal gebruik kan worden gemaakt van de gunstige effecten die een warming up op de  $VO_2$  respons kan hebben.

#### Algemene richtlijnen

Afhankelijk van de inspanning die zal gaan volgen is het van belang de juiste duur, intensiteit en herstelfase van de warming up te kiezen. Voor korte explosieve inspanningen gelden andere principes dan voor lange duurinspanningen. Het is van belang hier goed onderscheid in te maken. Globale richtlijnen voor een goede warming up voor beide types inspanning zijn in 2003 uiteengezet in een overzichtsartikel van Bishop et al.<sup>5</sup> en zullen hieronder kort worden besproken.

#### Kortdurende maximale inspanning (< 2 minuten)

Voor kortdurende inspanningen op hoge intensiteit, zoals sprinten of hoogspringen, zijn de voordelen van een warming up vooral gelegen in een stijging van de lichaams- en spiertemperatuur: de stijfheid van spieren en gewrichten neemt af, de prikkelgeleiding in het zenuwstelsel verbetert, de kracht-lengte relatie van de spieren wordt gunstiger en de glycogenolyse, de glycolyse en de afbraak van energierijke fosfaten verloopt sneller. Afhankelijk van de tijd die beschikbaar is tussen de warming up en de eigenlijke prestatie mag de warming up niet te intensief zijn, om te voorkomen dat de voorraad energierijke fosfaten al (gedeeltelijk) opraakt. Inspanning op een intensiteit van 40-60%  $VO_{2max}$  gedurende 10-20 minuten is genoeg om de spiertemperatuur te verhogen, zonder dat het interen op de energierijke fosfaten een probleem wordt. Zoals gezegd moet deze richtlijn in samenhang worden gezien met de tijd tussen warming up en wedstrijd. Deze

moet lang genoeg zijn voor volledig herstel van de eventueel verbruikte hoeveelheid creatinefosfaat (> 5 minuten), maar tevens kort genoeg om de verhoogde spiertemperatuur te behouden (< 15-20 minuten). Als er geen gelegenheid is om na de warming up een herstelfase in te bouwen, dan kan de warming up het beste zo kort mogelijk zijn, om de voorraad energierijke fosfaten te sparen.

Ook een taakspecifieke warming up, met korte, taakspecifieke activiteitspieken, kan een positief effect hebben op korte inspanningen, mogelijk door een toename van de neuro-musculaire activatie. Zo is bij kayakers aangetoond dat het uitvoeren van een aantal sprints tijdens de warming up leidde tot goede resultaten bij een daaropvolgende maximale prestatie van ongeveer 2 minuten<sup>6</sup>.

Een warming up van 10 minuten op 65%  $VO_{2max}$  werd gevolgd door 5 minuten inspanning op 55%  $VO_{2max}$  waarbij iedere minuut een 10 sec sprint op 200%  $VO_{2max}$  werd uitgevoerd. Dit leidde tot een hoger piekvermogen en een hoger gemiddeld vermogen in een opvolgende 'tijdrit' vergeleken met een warming up van 15 minuten inspanning op 65%  $VO_{2max}$ . In dit onderzoek werden geen verschillen voor piek  $VO_2$  en totale  $VO_2$  gevonden.

In een ander onderzoek<sup>24</sup> leidde het opnemen van sprints in de warming up, namelijk 3 x 30 seconden maximaal sprints met 5 minuten rust ertussen, 15 minuten voorafgaand aan de inspanning, wel tot een hogere  $VO_2$  bij een inspanning van 2-3 minuten op 105%  $VO_{2max}$ . Bij inspanningen van deze duur en langer wordt het effect van een warming up op de  $VO_2$  dus belangrijk, zoals verderop uitgebreid beschreven zal worden.

Voor het optimaliseren van de sprint-

capaciteit tijdens bijvoorbeeld voetbalwedstrijden is een goede warming up eveneens belangrijk. Het is gebleken



dat de sprintprestaties na de rust minder goed zijn dan ervoor.<sup>21</sup> Deze verslechtering bleek gecorreleerd te zijn met een afname van de spiertemperatuur.<sup>22</sup> Door ook in de rust een goede warming up uit te voeren, bestaande uit het herhaaldelijk uitvoeren van voetbalspecifieke sprints, verbeterde de sprint capaciteit bij herhaaldelijk sprinten ten opzichte van geen warming up.<sup>21</sup> Ook een laagintensieve warming up was voldoende om spiertemperatuur en sprintcapaciteit op peil te houden.<sup>22</sup>

### Middellange tot lange duur inspanningen (> 2 minuten)

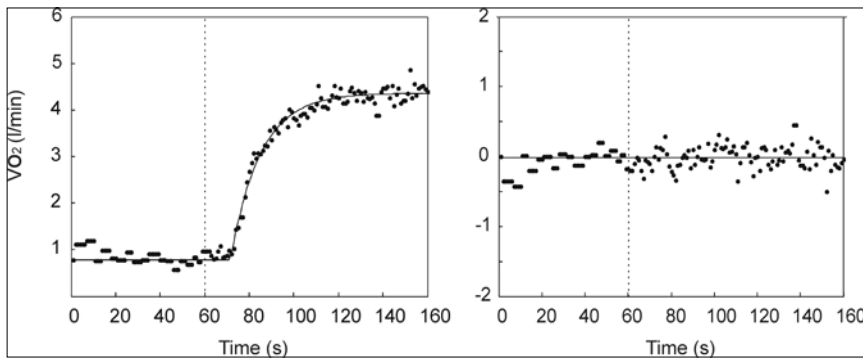
Voor middellange en lange duur inspanningen is het belang van een warming up niet zozeer toe te schrijven aan een stijging van de (spier-)temperatuur, maar wordt de invloed op de  $VO_2$  respons belangrijk. Door een goede warming up zal het basisniveau van de  $VO_2$  aan het begin van de inspanning hoger liggen<sup>5</sup> en zal de zuurstofschuld in de eerste fase van de inspanning minder hoog oplopen. Omdat er vroeg in de inspanning meer energie aeroob geleverd wordt, blijft er meer anaerobe energie over voor in een latere fase. Een warming up op een intensiteit van 70%  $VO_{2max}$  gedurende ongeveer 10 minuten lijkt ideaal,

omdat de gunstige effecten van het hierdoor verhoogd basisniveau van de  $VO_2$  groter zijn dan de mogelijke negatieve effecten van depletie van energierijke fosfaten en accumulatie van  $H^+$ -ionen.

Om met een duidelijk verhoogd basisniveau van de  $VO_2$  aan een wedstrijd te beginnen moet de herstelfase tussen warming up en wedstrijd eigenlijk niet langer zijn dan 5 minuten. Bij hele lange inspanningen (> 30 minuten) is het belangrijk dat tijdens de warming up niet te veel een

beroep wordt gedaan op de voorraden spierglycogeen en dat de lichaamstemperatuur niet te hoog oploopt. Met name onder warme omstandigheden kan beter voor een lagere intensiteit en een kortere duur van de warming up gekozen worden. Een zeer actieve warming up voorafgaand aan prestaties langer dan 40 minuten in de hitte leidt alleen maar tot een onnodige verhoging van de kerntemperatuur en niet tot een betere prestatie. Niet alleen het uithoudingsvermogen, maar ook het sprintvermogen neemt af. Een intensieve warming up vlak voor een lange duur prestatie in de hitte wordt dan ook afgeraden<sup>7</sup>.

Niet alleen het basisniveau van de  $VO_2$ , ook het verloop van de  $VO_2$  respons wordt beïnvloed door de warming up. De afgelopen jaren is hier veel onderzoek naar gedaan, op grond waarvan de hierboven besproken richtlijnen van Bishop m.b.t. middellange tot lange inspanningen getoetst en aangevuld kunnen worden. Om erachter te komen hoe de warming up eruit moet zien om de prestatie optimaal te beïnvloeden zullen allereerst de onderliggende mechanismen van de  $VO_2$  respons besproken worden. De gevonden resultaten zullen ingepast worden in de aanbevelingen die tot nu toe zijn gedaan m.b.t. duur, intensiteit



Voorbeeld van het verloop van de  $VO_2$  respons tijdens een 1500m fietsen. Na 60s rust wordt begonnen met de tijdrit, aangegeven met de gearceerde lijn. Na een korte tijdsvertraging stijgt de  $VO_2$  met een bepaalde snelheid tot een maximale waarde. Voor het leveren van een prestatie is van belang 1) hoe hoog de  $VO_2$  bij de start van de inspanning is, 2) hoe snel de  $VO_2$  toeneemt (de tijdsconstante of steilheid van de curve) en 3) welke maximale waarde de  $VO_2$  uiteindelijk bereikt.

en herstelfase van de warming up voor middellange tot lange duurinspanningen.

### Warming up en de $VO_2$ respons: onderliggende mechanismen

Als vanuit een rustsituatie inspanning geleverd wordt, zal de  $VO_2$  na enige tijdsvertraging vanaf een basisniveau (het rustmetabolisme) gaan stijgen naar een maximale waarde. Bij intensiteiten boven de lactaatsdrempel verschijnt na 100-200 seconden de zogenaamde 'slow component', een langzame exponentiële stijging van de  $VO_2$  respons bovenop de primaire respons<sup>1,2,3</sup>. De tijdsconstante van de primaire respons (= de snelheid waarmee de zuurstofopname vanaf de start van de inspanning toeneemt) zegt iets over de voor de inspanning beperkende factoren. Als de aanvoer van zuurstof de beperkende factor is, zal een verhoogde  $O_2$  aanvoer naar de spieren resulteren in een snellere toename van de  $VO_2$  en een kleinere zuurstofschuld. Een gelijkblijvende tijdsconstante betekent daarentegen dat de aanvoer van  $O_2$  al toereikend was voor de beschikbare verbruikscapaciteit.

Een warming up leidt tot een verhoogde aanvoer van  $O_2$  tijdens de prestatie en zou dus kunnen leiden

tot een kleinere zuurstofschuld. De wetenschappelijke literatuur is er niet eenduidig over of dit komt door een snellere toename van de zuurstofopname<sup>15</sup> of door het bereiken van een hogere maximale waarde in de eerste fase van de inspanning<sup>8,12</sup>. Recruitering van meer motor units na een warming up lijkt een plausibele verklaring voor een verandering in  $VO_2$  respons, zonder dat de snelheid van toename van de  $VO_2$  respons verandert.

Voor de  $VO_2$  respons hebben de gunstige effecten van een voorafgaande warming up dus ook niets te maken met een temperatuurstijging. Een passieve warming up heeft dan ook geen gunstig effect op de prestatie<sup>10</sup>.

In een recente studie van Jones et al. (2007)<sup>19</sup> is gevonden dat niet alleen de aanvoer van zuurstof naar, maar ook de extractie ervan door de spieren toenam door voorafgaande inspanning. Als mogelijke oorzaken worden genoemd, dat er meer zuurstof afgeleverd wordt door een verhoogde vasodilatatie in de spieren, een verschuiving op de zuurstof dissociatie curve en een verhoogde activiteit van de stofwisselingsenzymen. Een lichte verzuring, veroorzaakt door voorafgaande inspanning, bleek een grote rol te spelen en het aerobe energiever-

bruik en de afbraak van creatinefosfaat in opvolgende, hoog intensieve inspanningen waren verhoogd.<sup>17,19</sup> Het lijkt er dus op dat een lichte verzuring in de spieren voordelig is, en beschermend kan werken doordat  $K^+$  ionen beter gebufferd kunnen worden tijdens de inspanning. Gunstige effecten op de  $VO_2$  respons lijken vooral toe te schrijven aan de voorafgaande verzuring en dus lijkt het er op dat de warming up redelijk intensief moet zijn om tot gunstige effecten te leiden.

De valkuil is ook hier, dat een te intensieve warming up en/of een te korte herstel periode tussen warming up en prestatie kunnen leiden tot incompleet herstel van de voorraad creatinefosfaat en een te hoge zuurgraad, met andere woorden: vermoeidheid. Het gaat er dus om een goede balans tussen de voor- en nadelen te vinden<sup>19</sup>. De beste manier om dit te doen is simpelweg het onder gestandaardiseerde omstandigheden uitproberen van verschillende warming up protocollen, uiteraard met nauwkeurige meting van de prestaties. Zo kan men uitvinden welk protocol het beste werkt en zich een indruk vormen van de prestatiewinst die met een goede warming up geboekt kan worden. Enkele voorbeelden van effectieve protocollen zullen hieronder worden beschreven, variërend voor maximale tijdrit inspanningen van rond de 2 minuten tot langere inspanningen waarbij tot uitputting inspanning werd geleverd.

### Succesvolle warming up protocollen voor middellange tot lange duurinspanningen

#### Niet te zuur

Hoewel een zekere verzuring nodig is om de  $VO_2$  respons te versnellen, moet de warming up niet te intensief zijn<sup>4</sup>, zeker niet bij maximale prestaties van rond de 2 minuten, waarbij zowel het aerobe als het anaerobe systeem belangrijk zijn. Maximale prestaties kun-

nen dan belemmerd worden doordat de verzuring in de spier de anaerobe energie bijdrage zou kunnen verlagen en/of de contractiele processen in de spieren zou kunnen beïnvloeden. Het effect van drie warming up intensiteiten (55-75%VO<sub>2max</sub>) op een 2 minuten durende kayak "tijdrit" is onderzocht, met 5 minuten rust tussen warming up en prestatie. Er werden geen verschillen gevonden in VO<sub>2</sub> respons of gemiddeld vermogen, maar de warming up op 75% VO<sub>2max</sub> leidde tot een verslechtering van de prestatie over de eerste 60 seconden. Zoals eerder al genoemd leidt een warming up op 55-65% VO<sub>2max</sub> met herhaaldelijke sprints wel tot goede resultaten voor inspanningen van rond de 2 minuten<sup>6</sup>. Hoewel een periode van 30 seconden sprinten gevolgd door 6 minuten rust leidde tot goede resultaten op de VO<sub>2</sub> respons<sup>24</sup>, zijn geen gunstige effecten gevonden in daarop volgende prestaties van langere duur. Voor inspanningen van rond de 7 minuten is gevonden dat voorafgaande sprints (leidend tot een lactaatconcentratie van 6 mM) niet tot een verandering in prestatie leidden, terwijl zowel een laag- als een hoog-intensieve warming up (lactaat 3 mM) wel tot een 2-3% hoger gemiddeld vermogen leidden<sup>11</sup>. Voor langere inspanningen tot uitputting wordt voorafgaand sprinten niet geadviseerd en is het dus belangrijk dat de warming up niet te intensief is (~75% VO<sub>2max</sub>)<sup>5</sup> en leidt tot een verzuring van ongeveer 2-3 mM.

#### *Verskil in prestatie met name in het begin*

Hajoglou et al. (2005)<sup>16</sup> vonden dat voor middellange afstanden zoals 3 km fietsen (een inspanning met een duur van 4-5 min) een lichte warming up van 15 minuten gevolgd door 2 minuten rust gunstige effecten had op de VO<sub>2</sub> respons en de prestatie. Ook een uitbreiding van de warming up met 3 minuten hoog intensief fietsen, gevolgd

door een langere rust van 6 minuten leidde tot gunstige effecten, maar was qua effectiviteit gelijk aan de laag intensieve warming up. De gemiddelde VO<sub>2</sub> responstijd, een maat voor de snelheid van de VO<sub>2</sub> respons, die aangeeft wanneer 63% van het maximum is bereikt, was korter na een warming up en met name in de eerste 1000m van de tijdrit kon meer (aerob) vermogen geleverd worden. Dit is in overeenstemming met de beschreven effecten van een warming up op de VO<sub>2</sub> respons.

#### *Effecten houden lang aan*

De meest spectaculaire resultaten zijn gevonden door Jones et al. (2008)<sup>18</sup>, die vonden dat een warming up op een hoge intensiteit, waarbij het bloedlactaat toenam tot 2-3 mM, leidde tot een aanzienlijk (29-59%) langere volhoudtijd van inspanningen boven de 100% VO<sub>2</sub>peak. Dit werd veroorzaakt door een grotere aerobe bijdrage aan de energieproductie, onafhankelijk van een verhoging van spiertemperatuur. De mate waarin het bloedlactaat wordt verhoogd lijkt van cruciaal belang, want in een studie van Koppo & Bouckaert (2002)<sup>20</sup>, waarbij de lactaat waarden twee keer zo hoog waren (6 mM), werden geen effecten van de warming up op de volhoudtijd gevonden. Interessant is dat de effecten van een verhoogde lactaat concentratie wel 20-60 minuten aanhouden en dat ook de gunstige effecten op de VO<sub>2</sub> respons zo'n 45 minuten aanhouden<sup>13</sup>. Dit betekent dat de warming up ook ruimer dan 5 minuten van te voren, zoals gesteld door Bishop (2003)<sup>5</sup>, zou kunnen worden uitgevoerd. Het basisniveau van waaraf de respons stijgt is dan weliswaar gezakt, maar nog steeds zijn er gunstige effecten op de VO<sub>2</sub> respons. In bijzondere omstandigheden zoals middellange tot lange duurinspanning in extreme hitte, waar een warming up vaak afgeraden wordt, zou hiervan gebruik gemaakt kunnen worden.

#### **Samenvatting**

Voor  **korte, explosieve inspanningen** zijn de effecten van een warming up toe te schrijven aan een stijging van de lichaams- cq. spiertemperatuur. Inspanning op een intensiteit van 40-60% VO<sub>2max</sub> gedurende 10-20 minuten is genoeg om spiertemperatuur te verhogen, zonder dat er wordt ingeteerd op de voorraad energierijke fosfaten. Als men voor een intensievere warming up kiest is het van belang dat de tijd tussen warming up en wedstrijd lang genoeg is om de voorraad creatinefosfaat te laten herstellen (> 5 minuten), maar kort genoeg om de stijging in spiertemperatuur te behouden (< 15-20 minuten).

Voor  **middellange tot lange afstanden** is met name het effect van de warming up op de VO<sub>2</sub> respons van belang. Het basisniveau van de VO<sub>2</sub> is dan verhoogd en de VO<sub>2</sub> respons is mogelijk sneller en bereikt een hogere waarde, terwijl de slow component kleiner is. Overeenkomstig de richtlijnen van Bishop lijkt ook voor de VO<sub>2</sub> respons de ideale intensiteit voor een warming up voorafgaand aan middellange tot lange afstanden rond de 70%VO<sub>2max</sub> te liggen. Aanvullend kan gesteld worden dat een lactaat niveau van 2-3mM bereikt moet worden. Om met een verhoogd VO<sub>2</sub> basisniveau aan de inspanning te kunnen beginnen moet de rustfase na de warming up niet langer duren dan 5 minuten.

Een warming up kan ook  **nadelige effecten** op de prestatie hebben, als deze te intensief is, te lang duurt of te kort van tevoren wordt uitgevoerd. In de hitte is er een bijkomend nadeel, namelijk een stijging van kerntemperatuur die de prestatie negatief kan beïnvloeden. Een warming up vlak voor een lange inspanning in de hitte werd tot nu toe dan ook afgeraden<sup>5</sup>. Maar aangezien het erop lijkt dat de gunstige effecten van voorafgaande inspanning

op de  $VO_2$  respons toe te schrijven zijn aan een verhoogde bloed lactaat concentratie (2-3 mM) en lang aanwezig blijven<sup>13</sup>, zou het gunstig kunnen zijn wel een warming up uit te voeren, maar dan ruim (maar wel binnen de 45 minuten) voor de inspanning. Effecten op het basisniveau van de  $VO_2$  verdwijnen weliswaar binnen 5 minuten, maar de gunstige effecten op het verloop van de  $VO_2$  respons zijn dan nog aanwezig. Na de warming up kan de lichaamstemperatuur dan weer zakken tot een normaal niveau, terwijl de lactaatconcentratie in het bloed nog 20-60 min verhoogd blijft<sup>13</sup>.



Wielrenner in koelpak.

Eventueel kan tussen de warming up en de te leveren prestatie gebruik gemaakt worden van **precooling**, een effectieve methode om lichaamstemperatuur weer omlaag te brengen en de prestatie mogelijk gunstig te beïnvloeden<sup>14</sup>. Ook het gebruik van koeling tijdens de warming up heeft tot gunstige effecten geleid en verlengde de volhoudtijd van een hardlooptest van ongeveer een half uur met 49 seconden<sup>23</sup>. Om beter inzicht te krijgen in de optimale combinatie van warming up en precooling is nog wel meer onderzoek nodig. Zie voor meer informatie over dit onderwerp het artikel van Eline van Es, elders in dit nummer.

## Referenties:

1. Barstow T.J., Mole P.A. (1991). Linear and nonlinear characteristics of oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *J. Appl. Physiol.* 71: 2099-2106.
2. Barstow T.J., Casaburi R., Wassermann K. (1993).  $O_2$  uptake kinetics and the  $O_2$  deficit as related to exercise intensity and blood lactate. *J. Appl. Physiol.* 75(2): 755-762.
3. Barstow T.J. (1994). Characterization of  $VO_2$  kinetics during heavy exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26(11): 1327-1334.
4. Bishop D., Bonetti D., Dawson B. (2001). The effect of three different warm-up intensities on kayak ergometer performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(6): 1026-1032.
5. Bishop D. (2003). Warm up II: Performance changes following active warm up and how to structure the warm up. Review Article. *Sports Med.* 33(7): 483-498.
6. Bishop D., Bonetti D., Spencer M. (2003). The effect of an intermittent, high intensity warm-up on supra-maximal kayak ergometer performance. *J. Sports Sci.* 21(1): 13-20.
7. Bishop D., Maxwell N.S. (2007). Effects of active warm-up on the thermoregulation and intermittent-sprint performance in hot conditions. *J. Science Med. Sport* DOI:10.1016/j.jsmas.2007.05.013
8. Burnley M., Jones A.M., Carter H., Doust J.H. (2000). Effects of prior heavy exercise on phase II pulmonary oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *J. Appl. Physiol.* 89: 1387-1396.
9. Burnley M., Doust J.H., Ball D., Jones A.M. (2002). Effects of prior heavy exercise on  $VO_2$  kinetics during heavy exercise are related to changes in muscle activity. *J. Appl. Physiol.* 93: 167-174.
10. Burnley M., Doust J.H., Jones A.M. (2002). Effects of prior heavy exercise, prior sprint exercise and passive warming on oxygen uptake kinetics during heavy exercise in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 87: 424-432.
11. Burnley M., Doust J.H., Jones A.M. (2005). Effects of prior warm-up regime on severe-intensity cycling performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37(5): 838-845.
12. Burnley M., Koppo K., Jones A.M. (2005). 'Priming exercise' and  $VO_2$  kinetics. In: Jones A.M. and Poole D.C., editors. *Oxygen uptake kinetics in sport, exercise and medicine*. Taylor and Francis Group: Routledge; p. 373-397.
13. Burnley M., Doust J.H., Jones A.M. (2006). Time required for the restoration of normal heavy exercise  $VO_2$  kinetics following prior heavy exercise. *J. Appl. Physiol.* 101(5): 1320-1327.
14. Daanen H.A.M., Van Es E.M., De Graaf J.L. (2006). Heat strain and gross-efficiency during endurance exercise after lower, upper or whole body precooling in the heat. *Int. J. Sports Med.* 27(5): 379-388.
15. Gerbino A., Ward S.A., Whipp B.J. (1996). Effects of prior exercise on pulmonary gas-exchange kinetics during high intensity exercise in humans. *J. Appl. Physiol.* 80(1): 99-107.
16. Hajoglou A., Foster C., De Koning J.J., Lucia A., Kernozek T.W., Porcari J.P. (2005). Effect of warm-up on cycle time trial performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37(9): 1608-1614.
17. Jones A.M., Koppo K., Burnley M. (2003). Effects of prior exercise on metabolic and gas exchange responses to exercise. *Sports Med.* 33(13): 949-971.
18. Jones A.M., Wilkerson D.P., Burnley M., Koppo K. (2003). Prior heavy exercise enhances performance during subsequent perimaximal exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35(12): 2085-2092.
19. Jones A.M., Fulford J., Wilkerson D.P. (2008). Influence of prior exercise on muscle [phosphorylcreatine] and deoxygenation kinetics during high-intensity exercise in men. *Exp. Physiol.* 93.4: 468-478.
20. Koppo K., Bouckaert J. (2002). The decrease in  $VO_2$  slow component induced by prior exercise does not affect the time to exhaustion. *Int. J. Sports Med.* 23(4): 262-267.
21. Lovell R.J., Kirke I., Siegler J., McNaughton L.R., Greig M.P. (2007). Soccer half time strategy influences thermoregulation and endurance performance. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 47(3): 263-269.
22. Mohr M., Krstrup P., Nybo L., Nielsen J.J., Bangsbo J. (2004). Muscle temperature and sprint performance during soccer matches—beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 14(3): 156-162.
23. Webster J., Holland E.J., Sleivert G., Laing R.M., Niven B.E. (2005). A light-weight cooling vest enhances performance of athletes in the heat. *Ergonomics* 48(7): 821-837.
24. Wilkerson, D.P., Koppo K., Barstow T.J., Jones A.M. (2004). Effect of prior multiple sprint exercise on pulmonary  $O_2$  uptake kinetics following the onset of perimaximal exercise. *J. Appl. Physiol.* 97: 1227-1236.

## Over de auteur

Floor Hettinga zal op 2 oktober a.s. promoveren aan Faculteit der Bewegingswetenschappen van de Vrije Universiteit in Amsterdam. Haar proefschrift is getiteld 'Optimal pacing strategy in competitive athletic performance' en gaat over de optimale manier waarop de energieproductie over een bepaalde afstand of tijdsduur kan worden uitgesmeerd. Momenteel is Floor werkzaam bij TNO Defensie en Veiligheid te Soesterberg, waar ze met name onderzoek doet naar de (thermo)fysiologische belasting van brandweermannen, gericht op het voorkomen van hittestuwing.