

# Lichaamstemperatuur en brandweerprestatie

Brandweerwerk in Nederland wordt gekenmerkt door lange periodes van laag-intensieve inspanningen (zoals trainingsactiviteiten, sporten en bezigheden in de kazerne) en korte periodes van hoog-intensieve inspanning (met name uitrukken bij noodoproepen). Tijdens deze uitrukken is het belangrijk dat de prestatie van brandweermannen optimaal is omdat de veiligheid van mogelijke slachtoffers en de brandweermannen zelf in het geding kan zijn. Een factor die bepalend is voor zowel de snelheid als de kwaliteit van de inspanning die geleverd wordt, is de thermische stress die door de brandweermannen ervaren wordt. Omdat sporten en andere activiteiten in en rondom de kazerne kunnen leiden tot een behoorlijke toename in lichaamstemperatuur van brandweermannen, kan hierdoor de prestatie tijdens een opvolgende noodoproep wellicht negatief worden beïnvloed. Het voornaamste doel van het onderzoek dat in dit artikel beschreven wordt, was dan ook om te onderzoeken wat het effect is van een verhoogde lichaamstemperatuur aan de start op de prestatie tijdens een gesimuleerde brandweeroefening.

**Dr. Koen Levels**

*Correspondentieadres*

Dr. Koen Levels  
MOVE Research Institute Amsterdam  
Faculteit der Bewegingswetenschappen  
Vrije Universiteit Amsterdam  
Van der Boechorststraat 9  
1081 BT Amsterdam  
+31 20 59 88 542  
k.levels@vu.nl

Tijdens de uitvoering van hun werk kan de lichaamstemperatuur van brandweermannen oplopen tot boven de 38,5°C (Romet & Frim, 1987; Smith e.a., 2001). Alhoewel het algemeen bekend is dat bij een lichaamstemperatuur van ongeveer 40°C de prestatie tijdens een inspanning flink verminderd is, zijn ook al afnames in prestatie gerapporteerd bij lagere lichaamstemperaturen (Ely e.a., 2010).

## Methode

### Algemeen

Twaalf brandweermannen, zowel beroeps- als vrijwillige brandweer, namen deel aan dit onderzoek. Hun leeftijd was  $37 \pm 6$  jaar, gewicht  $85 \pm 9$  kg en lengte  $184 \pm 5$  cm waarmee ze representatief waren voor brandweermannen in het algemeen. Aan hen werd gevraagd om op twee verschillende dagen naar het Brandweer Opleidingscentrum Amsterdam-Amstelland Schiphol (BOCAS) te komen. Tijdens deze dagen werd dezelfde brandweeroefening uitgevoerd. Deze oefening werd voorafgegaan door 20 minuten rustig zitten (CONTROLE) of 20 minuten rustig fietsen op een hometrainer (WARM). De volgorde van deze experimentele condities werd gebalanceerd over de onderzoeksgroep. Tijdens de brandweeroefening werden tussentijden en eindtijd opgemeten en werd de kwaliteit beoordeeld door twee ervaren brandweerinstructeurs en door de brandweermannen zelf.



**Afbeelding 1. Oefengebouw bij het Brandweer Opleidingscentrum Amsterdam-Amstelland Schiphol**

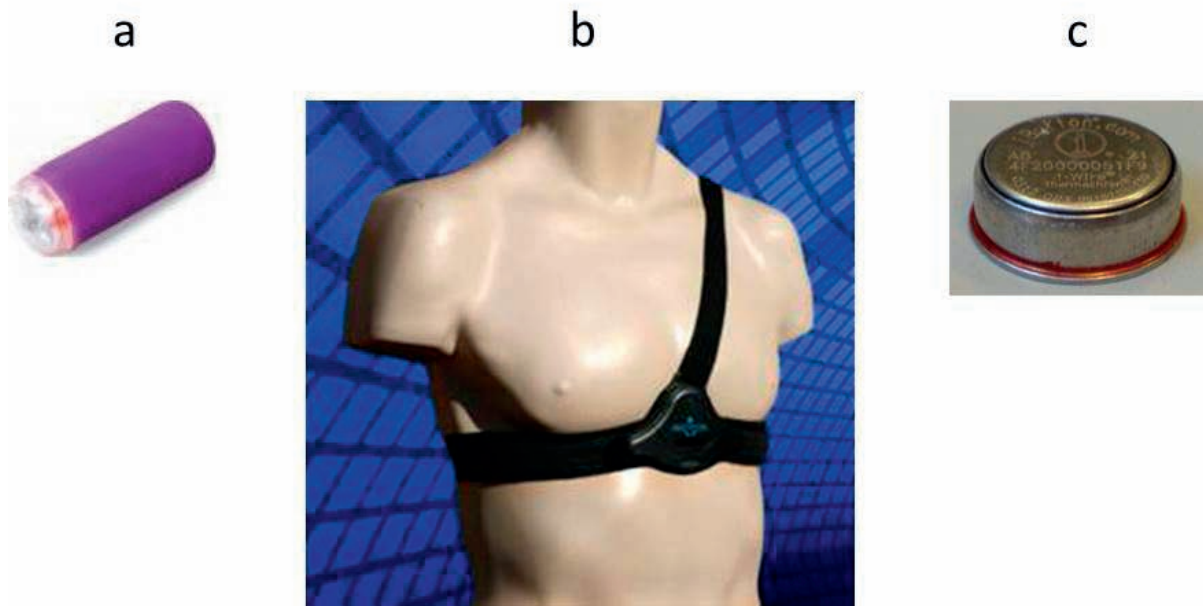
#### Experimentele condities

Het bezoek aan BOCAS begon voor de brandweermannen met een periode van 30 minuten waarin ze rustig zaten op een stoel in een ruimte op kamertemperatuur (20°C) om in thermisch evenwicht te geraken. De brandweermannen werden tijdens deze periode uitgerust met de meetapparatuur (zie kopje Metingen) en droegen ondergoed, een lange broek, een katoenen shirt en sportschoenen. Na dit half uur bleven ze nog eens 20 minuten zitten (CONTROLE) of fietsen ze 20 minuten op een fietsergometer op een weerstand van 1,5 Watt per kilogram lichaamsgewicht (WARM). Hierna kregen ze 5 minuten om de beschermende kleding bestaande uit rubberen laarzen, lange broek, katoenen shirt, jas, handschoenen, Gallet brandweerhelm en ademhalingsapparaat met zuurstoftank aan te trekken. Vervolgens begon de gesimuleerde brandweeroefening. Na de simulatie trokken de brandweermannen de beschermende kleding weer uit en was het experiment afgelopen.

#### Gesimuleerde brandweeroefening

De gesimuleerde brandweeroefening vond plaats in een oefengebouw van vier verdiepingen op BOCAS (afbeelding 1). In dit huis kon vuur en gas via een computersysteem op een gestandaardiseerde manier worden aan- en uitgezet. Zo waren de omstandigheden waarin de oefening moest worden uitgevoerd identiek tijdens elke oefening.

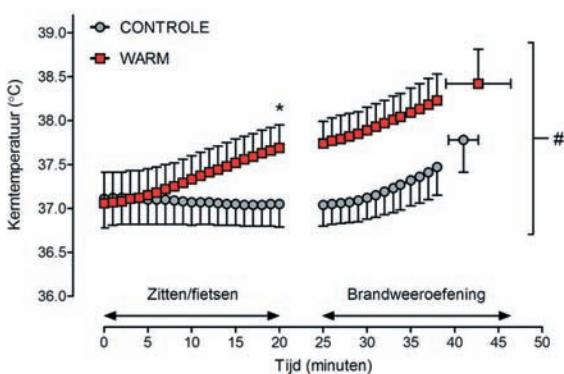
De gesimuleerde oefening bestond uit drie onderdelen die door de brandweermannen zo snel én zo goed mogelijk moesten worden uitgevoerd. Tijdens het eerste onderdeel werd er een keukenbrand gesimuleerd op de derde verdieping. Om deze brand te blussen moesten de brandweermannen een blusslang uitrollen en meedragen van de begane grond naar de derde verdieping. Daar aangekomen ging het vuur pas uit als gedurende ten minste 10 seconden een waterstraal gericht was op een sensor in de vlammen. Na het blussen moesten de brandweermannen de



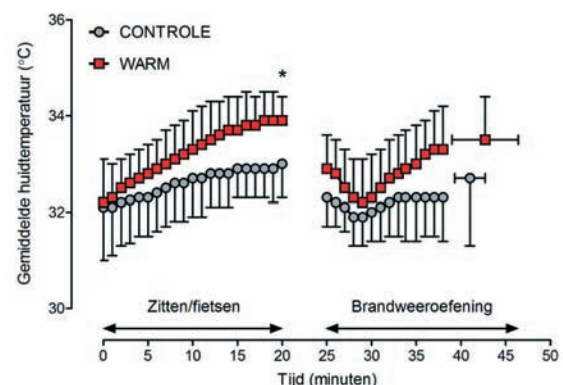
**Afbeelding 2. Meetapparatuur tijdens experiment. a Thermopil voor meten kerntemperatuur; b Equival™ fysiologisch meetstelsel; c iButton voor meten van huidtemperatuur**

slang weer meedragen naar de begane grond. Het tweede onderdeel bestond uit het zoeken en redden van een 30 kg zware dummpop op de zolder terwijl deze ruimte gevuld was met rook. De reddingsactie bestond uit het evacueren van de pop van de zolder naar een gemarkeerd gebied buiten het oefengebouw. Het derde onderdeel was het zoeken en redden van een 5 kg zware babyop én het blussen van een brand in een slaapkamer op de tweede verdieping. Nadat de babyop 'gered' was, moest deze naar buiten worden gedragen waarna de brandweerman met een brandslang terug naar de slaapkamer ging om het

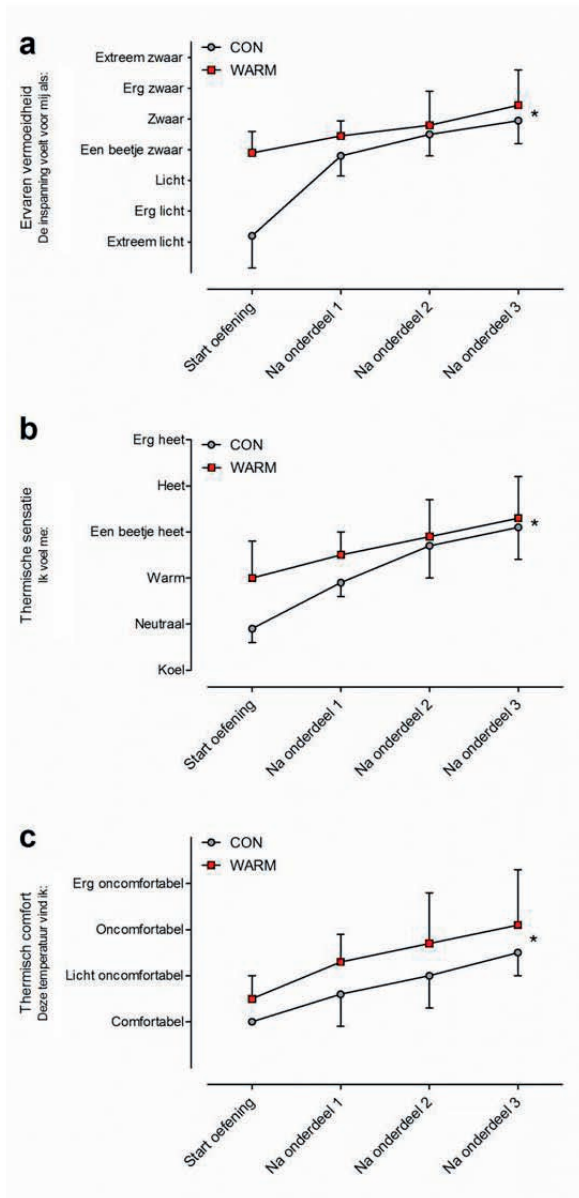
vuur te blussen. Na het blussen werd de brandslang weer omlaag gedragen en was de oefening afgelopen. Tijdens de gesimuleerde oefening werden de brandweermannen vergezeld door twee ervaren instructeurs. Deze instructeurs gaven gestandaardiseerde opdrachten aan de brandweermannen en beoordeelden hun prestaties. Buiten de gestandaardiseerde opdrachten gaven ze geen instructies aan de brandweermannen en werd er niet geholpen bij de uitvoering van activiteiten. De geselecteerde oefeningen waren realistische representaties van brandweerwerk en werden ook zo ervaren door de deelnemende brandweermannen.



**Afbeelding 3. (Lichaams)kerntemperatuur tijdens de 20 minuten zitten/fietsen en de gesimuleerde brandweeroefening. \* Hogere kerntemperatuur voor WARM dan voor CONTROLE; # Hogere kerntemperatuur voor WARM dan voor CONTROLE tijdens de gehele gesimuleerde brandweeroefening**



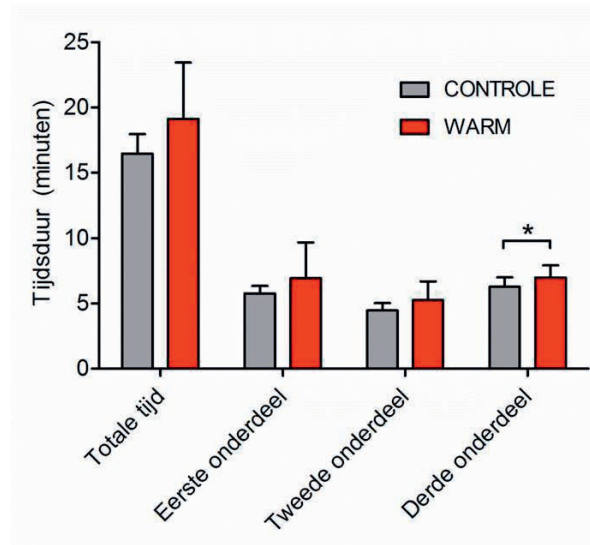
**Afbeelding 4. Gemiddelde huidtemperatuur tijdens het gehele experiment. \* Hogere gemiddelde huidtemperatuur voor WARM dan voor CONTROLE**



**Afbeelding 5. Subjectieve scores tijdens de gesimuleerde brandweeroefening. a Ervaren vermoeidheid; b Thermische sensatie; c Thermisch comfort; \* Hoger tijdens de gehele oefening voor WARM dan voor CONTROLE**

### Metingen

Ten minste vier uur voor aankomst op BOCAS namen de brandweermannen een thermopil in (Jonah, Hidalgo, Cambridge, Verenigd Koninkrijk; afbeelding 2a) om hun (lichaams)kerntemperatuur te registreren. Bij aankomst op BOCAS werden de brandweermannen uitgerust met een Equivital™ fysiologisch meetsysteem (Hidalgo, Cambridge, Verenigd Koninkrijk; afbeelding 2b) om de kerntemperatuur en de hartslagfrequentie elke 15 seconde te meten tijdens de gesimuleerde oefening. De huidtemperatuur werd bepaald door een gewogen gemiddelde te nemen



**Afbeelding 6. Tijdsduur van de totale gesimuleerde brandweeroefening en de drie aparte onderdelen. \* Significant langere duur in WARM dan in CONTROLE**

van huidtemperatuurmetingen op de nek, rechter schouderblad, rechter scheenbeen en linker handrug. Voor deze metingen werden draadloze iButtons gebruikt (Maxim Integrated Products Inc, Sunnyvale, Verenigde Staten; afbeelding 2c). Om de snelheid tijdens de verschillende onderdelen van de oefening te bepalen werden tien tussentijden gemeten op gestandaardiseerde momenten tijdens de oefening. De kwaliteit van de prestatie werd direct na de oefening beoordeeld door de instructeurs en de brandweermannen zelf. Hiervoor werd een vragenlijst gebruikt die opgesteld was in samenwerking met het Nederland Bureau Brandweereexamens (NBBE) en TNO. De instructeurs waren zeer ervaren met het beoordelen van de kwaliteit aangezien dit een standaard onderdeel is van de brandweert trainingen. De ervaren vermoeidheid werd bevestigd met behulp van een schaal van 6 tot 20 (Borg, 1970) aan de start van de gesimuleerde oefening en na elk van de drie onderdelen. Thermische sensatie werd bepaald met een 9-puntsschaal (van -4 = zeer koud tot +4 = zeer heet) en thermisch comfort met een 5-puntsschaal (van 0 = comfortabel tot 5 = extreem oncomfortabel) (Gagge e.a., 1967). Dit werd tegelijk met de ervaren vermoeidheid bevestigd.

### Resultaten

#### Kern- en huidtemperatuur

In afbeelding 3 is de lichaams(kern)temperatuur tijdens het zitten (CONTROLE) of fietsen (WARM) en de gesimuleerde brandweeroefening weergegeven. Deze kerntemperatuur steeg in WARM met  $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  en bleef gelijk in CONTROLE tijdens de 20-minuten rust/fietsperiode.

Hierdoor was de kerntemperatuur aan het begin van de gesimuleerde brandweeroefening hoger in WARM dan in CONTROLE. Tijdens de eerste gesimuleerde brandweeroefening was de stijging in kerntemperatuur gelijk in beide condities. Vanwege de hogere kerntemperatuur aan de start van de oefening was deze ook aan het einde van de gesimuleerde brandweeroefening nog hoger in WARM dan in CONTROLE.

De huidtemperatuur tijdens het experiment is weergegeven in afbeelding 4. In deze afbeelding is te zien dat de huidtemperatuur toenam tijdens het fietsen in WARM, maar dat de huidtemperatuur al voor de start van de eerste gesimuleerde brandweeroefening weer gelijk was in beide condities.

#### Hartslagfrequentie en subjectieve scores

De hartslagfrequentie steeg van  $82 \pm 8$  naar  $144 \pm 24$  slagen per minuut tijdens het fietsen in WARM terwijl deze gelijk bleef in CONTROLE. Tijdens de gesimuleerde brandweeroefening werd er geen significant verschil in gemiddelde hartslagfrequentie gevonden tussen de twee condities (CONTROLE:  $147 \pm 21$  slagen per minuut; WARM:  $158 \pm 24$  slagen per minuut).

In afbeelding 5 staan de subjectieve scores tijdens de gesimuleerde brandweeroefening weergegeven. Het valt op dat tijdens de oefening zowel de ervaren vermoeidheid, thermische sensatie als thermisch comfort hoger zijn in WARM dan in CONTROLE. Dit duidt op meer vermoeidheid en een warmer en minder comfortabel temperatuurgevoel.

#### Snelheid en kwaliteit van presteren

Als prestatie-indicatoren werd gekeken naar de snelheid waarmee de gesimuleerde brandweeroefening werd uitgevoerd en naar de kwaliteit van de oefening. In afbeelding 6 is de duur van de totale oefening en van de drie onderdelen apart weergegeven. Het bleek dat het derde onderdeel significant langzamer werd uitgevoerd in WARM dan in CONTROLE. Bij de tweede oefening en de totale duur werd een statistische trend gevonden voor een langzamere uitvoering.

Wat betreft de kwaliteit van de uitgevoerde oefening was een verschil zichtbaar tussen het oordeel van de instructeurs en het oordeel van de brandweermannen zelf. De instructeurs beoordeelden de oefening in WARM en CONTROLE van gelijke kwaliteit terwijl de brandweermannen de prestatie in WARM minder goed beoordeelden dan in CONTROLE.

#### Discussie

Het doel van dit onderzoek was om te achterhalen wat het effect is van een verhoogde lichaamstemperatuur aan de

start op de prestatie tijdens een gesimuleerde brandweeroefening. Het voornaamste resultaat is dat een hogere lichaamstemperatuur aan de start van de gesimuleerde brandweeroefening leidt tot een verminderde snelheid tijdens het laatste onderdeel van de oefening terwijl de kwaliteit van de oefening gelijk blijft.

Het idee achter de gekozen onderzoeksopzet was dat het uitvoeren van allerlei activiteiten in en rondom de kazerne een lichte verhoging van de lichaamstemperatuur kan veroorzaken. Door 20 minuten te fietsen op een lage intensiteit is geprobeerd om de intensiteit van deze activiteiten na te bootsen. Bovendien was niet alleen de temperatuur verhoogd, maar werd ook het cardiovasculaire systeem belast. Interessant genoeg was de gecreëerde thermische en cardiovasculaire belasting nog maar gedeeltelijk zichtbaar in de gesimuleerde oefening; alleen de kerntemperatuur bleef hoger tijdens de oefening. De kerntemperatuur ( $37,6^{\circ}\text{C}$ ) en hartslag (152 slagen per minuut) tijdens de gesimuleerde brandweeroefening zijn vergelijkbaar met eerdere onderzoeken (Eglin e.a., 2004; Romet & Frim, 1987). Dit bevestigt dat de intensiteit van de oefening representatief was voor real-life brandweerwerk.

De gesimuleerde brandweeroefening werd ongeveer drie minuten sneller uitgevoerd in CONTROLE dan in WARM. Alhoewel dit verschil (net) niet statistisch significant was, kan het van grote praktische relevantie zijn, met name als er mensenlevens op het spel staan. De afname in snelheid aan het einde van de oefening bij een hogere kerntemperatuur is vaker gerapporteerd in onderzoek naar de effecten van hitte op de sportprestatie (Levels e.a., 2013; Tatterson e.a., 2000). De verklaring hiervoor lijkt te liggen in een onbewuste verlaging van de inspanningsintensiteit om de hitteopslag in het lichaam binnen veilige grenzen te houden en een gevaarlijk hoge lichaamstemperatuur te voorkomen (Marino, 2004; Tucker e.a., 2006). Bij deze afname in intensiteit lijkt de ervaren vermoeidheid een centrale rol te spelen.

Naast het effect van een hogere lichaamstemperatuur op de snelheid van presteren is er mogelijk ook een effect op de kwaliteit van uitvoering van de oefening. Interessant genoeg bleek uit de beoordeling van de ervaren instructeurs, via een vragenlijst die standaard wordt gebruikt bij de evaluatie van brandweert trainingen, dat dit echter niet het geval was. Blijkbaar werd (geheel volgens voorschriften) het vasthouden aan de kwaliteit verkozen boven het vasthouden aan een bepaalde snelheid. Een interessante observatie was dat brandweermannen de kwaliteit van hun eigen prestatie lager inschatten in WARM. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat de thermische perceptie en comfort hierbij een modulerende rol hebben gespeeld. Samen met de verhoogde lichaamstemperatuur en hartslagfrequentie kan dit hebben geleid tot een vertekend

beeld van eigen presteren. Dit geeft aan dat het beter is om brandweermannen niet zelf hun eigen prestatie te laten evalueren bij hittestress.

De bijdrage die dit onderzoek kan leveren aan de praktijk van het brandweerwerk is dat er goed nagedacht moet worden over de roostering en uitvoer van activiteiten in de kazerne omdat deze mogelijk kunnen leiden tot een verminderde prestatie bij een uitruk. Dit betekent niet dat deze activiteiten niet meer uitgevoerd moeten worden, want een goede fitheid is van groot belang voor presteren en het voorkomen van niet-inspanning gerelateerde blessures (Jahnke e.a., 2013). Wel is het een mogelijkheid om de intensiteit van deze inspanningen iets te verminderen, om regelmatig rustpauzes in te plannen, of om bij een noodoproep in eerste instantie brandweermannen in te zetten die minstens een half uur rust hebben gehad. Bij hoge omgevingstemperaturen zouden in deze pauzes bovendien koelmethodes gebruikt kunnen worden, zoals bijvoorbeeld koelvesten (Arngrimsson e.a., 2004) onderarmkoeling (House e.a., 1997) en het innemen van ijsslurries (Siegel e.a., 2010). De geciteerde studies laten allemaal een positief effect zien van koelen op de fysieke prestatie. Bovendien zou het koelen een praktische mogelijkheid kunnen zijn om luchtkoeling in de brandweerwagens toe te passen. Samenvattend kan in ieder geval gesteld worden dat pogingen moeten worden ondernomen om met een lage lichaamstemperatuur aan een oefening te beginnen. Als dit niet mogelijk is, kan overwogen worden om aan het begin van de inspanning bewust een lagere inspanningsintensiteit aan te houden om zo de hitteopslag in het lichaam te verminderen en het prestatieverlies tegen te gaan.

## Conclusie

Lichte-intensiteit-inspanning voorafgaand aan een gesimuleerde brandweeroefening verhoogt de lichaamstemperatuur en vermindert zowel de snelheid aan het einde van de brandweeroefening als de zelfgerapporteerde kwaliteit van presteren.

## Abstract

The purpose of this study was to investigate what the effects are of an exercise-induced increase in core temperature on a subsequent simulated firefighting exercise. Twelve male firefighters performed a simulated firefighting exercise in a training facility (burn-building). Before this exercise they remained seated for 20 minutes (CONTROLE) or cycled for 20 minutes at 1.5 Watt·kg<sup>-1</sup> body weight (WARM). The cycling was a realistic representation of the intensity of activities around the firehouse. Speed and quality of performance as well as core and skin temperature and heart rate were measured during the simulated firefighting

exercise. After cycling, core temperature, skin temperature and heart rate were increased whereas speed during the final part of the exercise and self-reported quality of performance were reduced. We concluded that exercise-induced pre-warming reduced the speed during the last part of simulated firefighting exercise and reduced self-reported quality of performance.

## Referenties

- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2(2), 92-98.
- Eglin, C.M., Coles, S., & Tipton, M.J. (2004). Physiological responses of fire-fighter instructors during training exercises. *Ergonomics*, 47(5), 483-494.
- Ely, B.R., Chevront, S.N., Kenefick, R.W., & Sawka M.N. (2010). Aerobic performance is degraded, despite modest hyperthermia, in hot environments. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(1), 135-141.
- Gagge, A.P., Stolwijk, J.A., & Hardy, J.D. (1967). Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures. *Environmental Research*, 1(1), 1-20.
- House, J.R., Holmes, C., & Allsopp, A.J. (1997). Prevention of heat strain by immersing the hands and forearms in water. *Journal of the Royal Naval Medical Service*, 83(1), 26-30.
- Jahnke e.a., 2013 toevoegen!!!
- Levels, K., Teunissen, L.P., de Haan, A., de Koning, J.J., van Os, B., & Daanen, H.A. (2013). Effect of warm-up and precooling on pacing during a 15-km cycling time trial in the heat. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(3), 307-311.
- Marino, F.E. (2004). Anticipatory regulation and avoidance of catastrophe during exercise-induced hyperthermia. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B: Biochemistry & Molecular Biology*, 139(4), 561-569.
- Romet, T.T., & Frim, J. (1987). Physiological responses to fire fighting activities. *European Journal of Applied Physiology*, 56(6), 633-638.
- Siegel, R., Mate, J., Brealey, M.B., Watson, G., Nosaka, K., & Laursen, P.B. (2010). Ice slurry ingestion increases core temperature capacity and running time in the heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(4), 717-725.
- Smith, D.L., Manning, T.S., & Petruzzello, S.J. (2001). Effect of strenuous live-fire drills on cardiovascular and psychological responses of recruit firefighters. *Ergonomics*, 44(3), 244-254.
- Tattersson, A.J., Hahn, A.G., Martin, D.T., & Febbraio, M.A. (2000). Effects of heat stress on physiological responses and exercise performance in elite cyclists. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 3(2), 186-193.
- Tucker, R., Marle, T., Lambert, E.V., & Noakes, T.D. (2006). The rate of heat storage mediates an anticipatory reduction in exercise intensity during cycling at a fixed rating of perceived exertion. *Journal of Physiology*, 574(Pt 3), 905-915.