

Het was zo simpel: een goede warming-up voor de wedstrijd en snel koelen bij een blessure. Wetenschappelijk onderzoek van de laatste decennia laat zien dat veel adviezen die vroeger gemeengoed waren niet door feiten worden ondersteund. Dit artikel zet de zaken weer even op een rij.

Temperatuur en presteren Verschuivende paradigma's

Hein Daanen

Al heel lang is bekend¹ dat warme spieren sneller kunnen samentrekken en meer kracht kunnen leveren dan koude spieren. Niemand betwist dan ook dat het voor sprints of andere kortdurende, explosieve prestaties voordelig is om warme spieren te hebben. Bij duursport zit het echter anders. Daar is niet zo zeer de maximale contractiekracht van invloed, maar vooral hoe lang je herhaalde contracties op submaximaal niveau kunt volhouden. Een hoge lichaamstemperatuur kan dan een beperkende factor voor de inspanning zijn. Gonzalez Alonso² liet zien dat een groep atleten telkens bij dezelfde kerntemperatuur opgaf, onafhankelijk van de thermische status van het lichaam. Deze kritische kerntemperatuur ligt overigens aanzienlijk hoger bij getrainde atleten dan bij ongetrainden³ en waarden boven de 40°C zijn niet ongewoon.⁴ Als je warm aan een duursportwedstrijd begint is de kritische temperatuur sneller bereikt. Vanuit dit oogpunt wordt in dit geval dus juist afgeraden om een warming-up te doen.²

Lichaamstemperatuur en presteren

Er zijn verschillende redenen waarom een hoge lichaamstemperatuur een

nadelig effect op de duurprestatie heeft. Een warm lichaam probeert zijn warmte te verliezen door de huid goed te doorbloeden. Hierdoor wordt de veneuze terugstroom van bloed naar het hart minder. Het hart compenseert dit door sneller te gaan kloppen, want de metabole behoefte van het lichaam blijft gelijk. In rust vind je in de hitte soms al wel een extra hartslagfrequentie van 10 slagen per minuut. Ook zijn er aanwijzingen dat bij hoge spiertemperaturen de energieomzetting minder gunstig is. Voor elke graad die het lichaam warmer wordt is een daling van 1% in de efficiëntie gevonden⁵: ligt de efficiëntie van fietsen bij een kerntemperatuur van 38°C rond de 20%, dan daalt deze naar 18% bij een kerntemperatuur van 40°C.

Omgevingstemperatuur en presteren

De omgevingstemperatuur heeft een sterke invloed op de lichaamstemperatuur en daarmee op het prestatievermogen. In de hitte is het lastig om een goede duurprestatie neer te zetten, omdat de lichaamstemperatuur op gaat lopen. Voor een marathon is de optimale temperatuur dan ook erg laag: eerder in de buurt van 5°C dan 10°C.⁶ Te koud is het niet snel: pas

bij hele lage omgevingstemperaturen rond de -15°C vinden we een prestatiedaling.⁷

Voorkoelen (precooling)

Moet je dan niet voorkoelen in plaats van een warming-up te draaien? Dat is zeker een goed punt en dit wordt ook steeds vaker gedaan. Op de Olympische Spelen in Atlanta (1996) waren de Australiërs één van de eersten die dit deden. Daarna is het gemeengoed geworden.^{8,9} Men kan echter aanvoe-

Als je te ver voor de wedstrijd gaat koelen, is er ook geen effect te verwachten. Naast koeling van buitenaf wordt er ook met koude dranken gekoeld. Steeds meer wordt gebruik gemaakt van geschaafd ijs (slush) als voorkoelmethode.¹¹ Deze wordt dan vaak met wat siroop aangengeld om het gemakkelijker te kunnen consumeren. Je zou verwachten dat de effecten van voorkoelen tijdens de aansluitende inspanning snel teniet worden gedaan, maar opvallend genoeg blijven de

ventilatoren, maar bij 10 km hardlopen in een warm stadion zijn de mogelijkheden om te koelen tijdens inspanning beperkt. Koude dranken kunnen dan nog enigszins bijdragen aan koeling.

Koelen na afloop (aftercooling)

Er zijn diverse claims over de positieve effecten van koelen na inspanning: van minder spierpijn, meer kracht, minder zwelling van de spieren, minder bewegingsbeperking, minder ontsteking (meer ontstekingsremmers in het bloed) tot een betere prestatie de dag erna. In 2009 zijn deze claims kritisch vergeleken¹³ met de toen bestaande literatuur, geconcludeerd werd dat ze niet hard konden worden gemaakt. En in een artikel uit 2011¹⁴ wijst Hanno van der Loo op onderzoeksresultaten uit de literatuur die er op duiden, dat aftercooling de adaptatie aan training remt. Hij raadt dus aan aftercooling zeker niet 'standaard' toe te passen in trainingsperiodes, maar slechts kortdurend te gebruiken rond de belangrijkste wedstrijden van het seizoen. En dan nog alleen als de directe effecten bij de betreffende sporter positief lijken, hetgeen niet vanzelfsprekend is, omdat niet bij alle sporters dezelfde effecten worden waargenomen. Conclusie: het is nodig dat goed onderzoek wordt voortgezet om te kunnen komen tot onderbouwde adviezen over het al dan niet toepassen van aftercooling.



De warmtebeeldcamera toont de warmte-afgifte door de huid tijdens inspanning in de warmte.

ren dat een warming-up ook dient om mentaal optimaal op een prestatie te zijn voorbereid. Daarom kan het verstandig zijn om in te fietsen met een koelvest aan (zoals je tegenwoordig wel bij de Tour de France ziet). Op deze wijze kan men zich mentaal voorbereiden zonder dat de lichaamstemperatuur te veel oploopt. Er zijn tientallen artikelen die de positieve werking van voorkoelen aantonen. Wel is het van belang de juiste voorkoelbalans te vinden. Voorkoelen door de benen in koud water te laten staan zorgt bijvoorbeeld voor te veel koeling, waardoor de prestatie daalt.¹⁰

geïnduceerde verschillen in lichaamstemperatuur lang behouden.¹²

Koelen tijdens inspanning

Veel beter dan voorkoelen is het natuurlijk als de temperatuur tijdens de wedstrijd mooi binnen de perken kan worden gehouden. In veel sporten zijn de mogelijkheden hiertoe echter beperkt, onder meer door de regelgeving. In de Formule 1 wordt in de onderkleding gebruik gemaakt van buisjes waardoor koelwater loopt, maar bij voetbal is dit bijvoorbeeld niet te doen. Bij teamsporten kan wel tijdens pauzes worden gekoeld, bijvoorbeeld met

Acclimatisatie aan hitte

Het is onomstreden dat een goede acclimatisatie aan hitte bijdraagt aan betere prestaties in de hitte. Het effect wordt vaak onderschat, bijvoorbeeld bij het EK voetbal 2012, waar het Nederlands team ongeacclimatiseerd werd ingevlogen naar de hitte van de Oekraïne. Door acclimatisatie kan de zweetproductie in tien dagen verdubbelen en zo kan het lichaam veel beter met de hitte overweg.¹⁵ Men kan zich eigenlijk op twee manieren aanpassen aan hitte: acclimati-

seren (in de natuurlijke omgeving) of acclimeren (in een klimaatkamer). Bij acclimeren ben je minder afhankelijk van het lokale klimaat en kun je gecontroleerd de gewenste verbeteringen aanbrengen.

Omdat de lichaamstemperatuur ook toeneemt tijdens fysieke inspanning onder koele(re) omstandigheden

wordt soms gedacht, dat fysieke inspanning gelijk staat aan acclimatiseren. Dit is echter niet zo. Er is wel enigermate sprake van zogenaamde cross-acclimatisatie, maar de effecten zijn veel kleiner dan bij inspanning in de hitte. Vuistregel is dat gedurende een periode van tenminste tien dagen dagelijks tenminste twee

uur lang een kerntemperatuur hoger dan 38°C moet worden bereikt om volledige acclimatisatie te verkrijgen.¹⁵

De-acclimatisatie en re-acclimatisatie

De inzichten in acclimatisatie zijn oud en onomstreden. Nieuw zijn inzichten in de-acclimatisatie (hoe snel verdwijnt de acclimatisatie?) en re-acclimatisatie (hoe snel komt deze weer terug?). Vroeger was een vuistregel dat de acclimatisatie twee keer zo langzaam verdween als deze was verworven.¹⁶ Uit recent onderzoek^{17,18} weten we echter, dat de-acclimatisatie veel langzamer gaat en re-acclimatisatie sneller: zelfs na twee maanden zonder hitteblootstelling krijg je binnen drie dagen de eerdere acclimatisatietoestand weer terug.

Acclimatisatie aan kou

Zo goed als mensen zich aan hitte kun-

nen aanpassen, zo slecht gaat dit voor koude. Er zijn aanwijzingen dat de vetlaag in de huid iets dikker wordt, dat we iets meer warmte kunnen maken en iets lagere kerntemperaturen kunnen tolereren. Maar zelfs na langdurige regelmatige blootstelling aan koude zie je nauwelijks fysiologische aanpassingen.



Rolstoelatleten tijdens een acclimatiesessie in de klimaatkamer van TNO in Soesterberg.

Zijn er dan geen verschillen tussen Eskimo's en negroïde mensen? Weinig: de oppervlakte van mensen dicht bij de evenaar is wat groter dan hun inhoud vergeleken met mensen uit poolstreken¹⁹, wat de warmteafgifte ten goede komt, en er zijn wat verschillen in aantallen cold/heat shock eiwitten tussen mensen die veel en weinig aan koude zijn blootgesteld.²⁰

Er is wel altijd gedacht dat de doorbloeding van vingers, tenen en hoofdhuid door regelmatige blootstelling aan koude sterk verbeterde. Echter, zowel een recente review²¹ als een recent onderzoek waarin mensen dagelijks een hand en voet in ijskoud water stopten²² laten zien dat dit niet juist is. Waarschijnlijk heeft de eerder gevonden goede doorbloeding van de vingers bij visfileerders²³ dan ook meer te maken met selectie dan met fysiologische aanpassingen ...

Koelen bij spierblessures

Nog altijd wordt bij spierkneuzingen meestal direct gekoeld. Immers, het is onomstreden dat het pijngevoel hierdoor minder wordt.²⁴ In hetzelfde, klassieke artikel vroeg men zich echter al af of koeling ook werkelijk bijdraagt aan het genezingsproces.

Een recent artikel²⁵ maakt (zij het bij ratten) duidelijk, dat deze vraagtekens terecht lijken. De onderzoekers schrijven in de samenvatting van het artikel: 'These findings suggest that icing applied soon after the injury not only considerably retarded muscle regeneration but also induced impairment of muscle regeneration along with excessive collagen deposition.' Slechter

herstel lijkt dus de prijs te zijn die je betaalt voor minder pijn. Het wordt dan ook tijd om ook bij mensen goed onderzoek te starten om na te gaan of koelen kan bijdragen aan een snellere genezing van spierkneuzingen.

Samenvatting en conclusie

Thermofysiologisch onderzoek draagt nog altijd bij aan nieuwe inzichten rondom het optimaal functioneren van atleten. Voorafgaand aan duurinspanning (met name onder warme omstandigheden) is voorcoelen effectiever dan voorverwarmen. Acclimatisatie aan hitte draagt bij aan beter presteren in de hitte. De acclimatisatieperiode hoeft niet direct aan het sportprestatiemoment vooraf te gaan: eenmaal geacclimatiserd kan re-acclimatisatie snel geschieden.

Een mens kan nauwelijks aan koude acclimatiseren, ook niet voor de vin-

gers en tenen. Als een blessure wordt opgelopen, is te overwegen om het traditionele koelen achterwege te laten; er zijn indicaties uit onderzoek bij ratten dat het herstelproces er nadelig door wordt beïnvloed.

Gezien de grote impact van de warmtehuishouding op de prestatie van een sporter en de voortdurende onduidelijkheid over sommige zaken als aftercooling en therapeutische behandeling van kneuzingen, blijft het van belang de ontwikkelingen op thermofysiologisch gebied te stimuleren en kritisch te volgen.

Referenties

1. Bergh U & Ekblom B (1979). Influence of muscle temperature on maximal muscle strength and power output in human skeletal muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 107 (1), 33-37.
2. González-Alonso J et al (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 86 (3), 1032-1039.
3. Cheung SS & McLellan TM (1998). Heat acclimation, aerobic fitness, and hydration effects on tolerance during uncompensable heat stress. *Journal of Applied Physiology*, 84 (5), 1731-1739.
4. Proulx CI, Ducharme MB & Kenny GP (2006). Safe cooling limits from exercise-induced hyperthermia. *European Journal of Applied Physiology*, 96 (4), 434-445.
5. Daanen HA, Es EM van & Graaf JL de (2006). Heat strain and gross efficiency during endurance exercise after lower, upper, or whole body precooling in the heat. *International Journal of Sports Medicine*, 27 (5), 379-388.
6. Ely MR et al (2008). Effect of ambient temperature on marathon pacing is dependent on runner ability. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40 (9), 1675-1680.
7. Sandsund M et al (2012). Effect of ambient temperature on endurance performance while wearing cross-country skiing clothing. *European Journal of Applied Physiology*, 112 (12), 3939-3947.
8. Daanen HAM & Rietjens GJWM (2004). Exercise in a hot environment: Experiences from Athens. *Geneeskunde & Sport*, 37 (5), 145.
9. Rietjens GJWM, Arensbergen W van & Daanen HAM (2004). Exercise in a hot environment: Points of special interest for an optimal preparation. *Geneeskunde & Sport*, 37 (5), 138-144.
10. Beelen A & Sargeant AJ (1991). Effect of lowered muscle temperature on the physiological response to exercise in men. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 63 (5), 387-392.
11. Siegel R et al (2012). Pre-cooling with ice slurry ingestion leads to similar run times to exhaustion in the heat as cold water immersion. *Journal of Sports Science*, 30 (2), 155-165.
12. Bogerd N et al (2010). The effect of pre-cooling intensity on cooling efficiency and exercise performance. *Journal of Sports Science*, 28 (7), 771-779.
13. Dorst P van (2009). Aftercooling: werking en effectiviteit. Bachelorscriptie Faculteit der Bewegingswetenschappen, VU Amsterdam.
14. Loo H van der (2011). Herstellen of adapteren? Twee zijden van dezelfde medaille. *Sportgericht*, 65 (1), 12-16.
15. Taylor NAS & Cotter JD (2006). Heat adaptation: Guidelines for the optimisation of human performance. *International SportMed Journal*, 7 (1), 33-57.
16. Pandolf KB, Burse RL & Goldman RF (1977). Role of physical fitness in heat acclimatisation, decay and reinduction. *Ergonomics*, 20 (4), 399-408.
17. Daanen HAM et al (2011). Optimising the acquisition and retention of heat acclimation. *International Journal of Sports Medicine*, 32 (11), 822-828.
18. Weller AS et al (2007). Quantification of the decay and re-induction of heat acclimation in dry-heat following 12 and 26 days without exposure to heat stress. *European Journal of Applied Physiology*, 102 (1), 57-66.
19. Lewin R & Foley R (2009). Principles of human evolution (2nd edition). Malden (USA): Blackwell Publishers.
20. Sonna LA et al (2002). Invited review: Effects of heat and cold stress on mammalian gene expression. *Journal of Applied Physiology*, 92 (4), 1725-1742.
21. Cheung SS & Daanen HA (2012). Dynamic adaptation of the peripheral circulation to cold exposure. *Microcirculation*, 19 (1), 65-77.
22. Daanen HAM, Koedam J & Cheung SS (2012). Trainability of cold induced vasodilatation in fingers and toes. *European Journal of Applied Physiology*, 112 (7), 2595-2601.
23. Nelms JD & Soper DJG (1962). Cold vasodilatation and cold acclimatization in the hands of British fish filleters. *Journal of Applied Physiology*, 17 (3), 444-448.
24. Meeusen R & Lievens P (1986). The use of cryotherapy in sports injuries. *Sports Medicine*, 3 (6), 398-414.
25. Takagi R et al (2011). Influence of icing on muscle regeneration after crush injury to skeletal muscles in rats. *Journal of Applied Physiology*, 110 (2), 382-388.

Over de auteur

Prof. dr. H.A.M. (Hein) Daanen is bijzonder hoogleraar thermofysiologie bij het MOVE Research Instituut, Faculteit der Bewegingswetenschappen van de Vrije Universiteit in Amsterdam en wetenschappelijk onderzoeker bij TNO in Soesterberg.