

Fysieke risico's tijdens het lopen van de Nijmeegse Vierdaagse in 2007: elektrolytendisbalans bij 1 op de 5 wandelaars

T.M.H.Eijsvogels, D.H.J.Thijssen, F.Poelkens, M.Binkhorst, C.W.Wouters, B.J.J.W.Schouwenberg en M.T.E.Hopman

Zie ook het artikel op bl. 1557.

Doel. Het vaststellen van de fysiologische belasting en gezondheidsrisico's bij wandelaars van de Nijmeegse Vierdaagse, met meer dan 45.000 deelnemers de grootste wandeltocht ter wereld.

Opzet. Observatieel onderzoek.

Methoden. Een aselechte steekproef van 66 Vierdaagsewandelaars in 2007 werd getrokken; deze populatie werd gestratificeerd naar afstand en geslacht (30 km: n = 20 (10 mannen); 40 km: n = 25 (14 mannen); 50 km: n = 21 (10 mannen)). Kerntemperatuur, vochtinname, veranderingen in lichaamsgewicht, plasmanatriumconcentraties en energieverbruik werden vóór en tijdens de wandeldagen gemeten.

Resultaten. De omgevingstemperatuur tijdens de Vierdaagse 2007 varieerde van 11,0 tot maximaal 25,4°C uitgedrukt als 'wet bulb globe temperature' (WBGT). De gemiddelde wandeltijd bedroeg circa 9 h, gemiddeld was dit circa 4,6 km/h. De hartfrequentie nam toe met 38 slagen/min en de kerntemperatuur met 0,8°C, maar er werd geen hyperthermie vastgesteld (definitie: > 39,0°C). De gemiddelde vochtinname tijdens de wandeldagen varieerde van 2,6-3,3 l/dag, met interindividuele uitersten van 0,3-12,0 l/dag. De relatieve verandering van het lichaamsgewicht varieerde daarbij van -3,1 tot +4,3%. De gemiddelde plasmanatriumconcentratie daalde over elke wandeldag van 142,4 tot 140,6 mmol/l. De plasmanatriumconcentratie was negatief gecorreleerd met vochtinname ($r = -0,32$; $p < 0,001$), verandering in gewicht ($r = -0,13$; $p < 0,05$) en wandeltijd ($r = -0,37$; $p < 0,001$). Opvallend was de hoge prevalentie van hyponatriëmie (5%) en hypernatriëmie (16%) in onze studiegroep. Bij extrapolatie van deze gegevens naar de totale Vierdaagsepopulatie zou een zeer groot aantal deelnemers (circa 10.000) kampen met een elektrolytendisbalans.

Conclusie. Deze studie liet zien dat het wandelen van een Vierdaagse met gematigde omgevingstemperatuur bij 1 op de 5 lopers leidde tot stoornissen in de vocht- en elektrolytenhuishouding. De deelnemers waren echter goed in staat om hun stijgende lichaamstemperatuur binnen veilige grenzen te reguleren. Naast de frequente elektrolytendisbalans was er een sterk individueel bepaalde vochtinname.

Ned Tijdschr Geneeskd. 2008;152:1571-8

Vaak wordt wandelen als een fysiek ongevaarlijke activiteit gezien. Tijdens de Nijmeegse Vierdaagse van 2006 bleek het tegendeel: 2 deelnemers overleden, meer dan 30 wandelaars belandden in het ziekenhuis en honderden wandelaars werden onwel. Oververhitting en dehydratie tijdens uitzonderlijk warme weersomstandigheden zijn daarbij als

belangrijkste oorzaken van deze dramatisch verlopen re wandeldag bestempeld, zoals Saanen et al. in dit tijdschrift hebben beschreven.¹

Enkele studies bij buitenlandse militairen, een populatie van gezonde, fitte en jonge mannen en vrouwen, bieden enig inzicht in de fysieke belasting van wandelen.²⁻³ De populatie wandelaars van tegenwoordig is echter van alle leeftijden en heeft een wisselende gezondheid. Het ontbreken van betrouwbare gegevens met betrekking tot fysieke belasting, thermoregulatie en vochtinname tijdens het wandelen belemmert een adequate advisering van individuele wandelaars en van organisaties van dit soort wandelevenementen. Het doel van ons onderzoek was het verkrijgen van inzicht in de inspanningsfysiologische belasting en gezondheidsrisico's bij wandelaars van de Nijmeegse Vierdaagse van 2007.

Universitair Medisch Centrum St Radboud, Postbus 9101, 6500 HB Nijmegen.

Afd. Fysiologie: hr.drs.T.M.H.Eijsvogels, junioronderzoeker; hr.dr.D.H.J.Thijssen, onderzoeker-fysioloog (tevens: Liverpool John Moores University, Research Institute for Sport & Exercise Sciences, Liverpool, Groot-Brittannië); mw.drs.F.Poelkens, arts in opleiding tot internist (tevens: afd. Algemene Interne Geneeskunde); mw.prof.dr.M.T.E.Hopman, arts-fysioloog.

Afd. Kindergeneeskunde: hr.drs.M.Binkhorst, arts niet in opleiding tot specialist.

Afd. Cardiologie: hr.drs.C.W.Wouters, arts in opleiding tot cardioloog (tevens: afd. Farmacologie-Toxicologie).

Afd. Algemene Interne Geneeskunde: hr.drs.B.J.J.W.Schouwenberg, arts in opleiding tot internist (tevens: afd. Farmacologie-Toxicologie).

Correspondentieadres: mw.prof.dr.M.T.E.Hopman
(m.hopman@fysiol.umcn.nl).

Deelnemers. Er werden 66 Vierdaagsewandelaars, gestratificeerd voor 3 afstanden en voor geslacht, ‘at random’ geselecteerd voor deelname aan deze studie om tot een representatieve afspiegeling te komen van de totale Vierdaagsepopulatie. Een onafhankelijke, externe persoon voerde de randomisatie uit. Personen met al dan niet chronische darmproblemen werden geëxcludeerd vanwege mogelijke problemen bij het gebruik van een temperatuurpil. De medisch-ethische commissie van de regio Arnhem-Nijmegen keurde de studie goed, en alle deelnemers ondertekenden een toestemmingsverklaring voorafgaand aan het onderzoek.

Protocol. Op de dag vóór de start van de Vierdaagse (dag 0) werden basisparameters bij alle proefpersonen gemeten. Tevens moesten de proefpersonen een vragenlijst invullen met betrekking tot hun gezondheid, medicatie en lichamelijke activiteit. De hartfrequentie en kerntemperatuur werden tijdens de 4 wandeldagen (dag 1-4) vóór de start, op ieder 5-km-punt, en direct na de finish gemeten. Tevens werden de metingen van dag 0 op alle wandeldagen direct na de finish herhaald. Alleen individueel voltooide wandeldagen werden betrokken in de analyse.

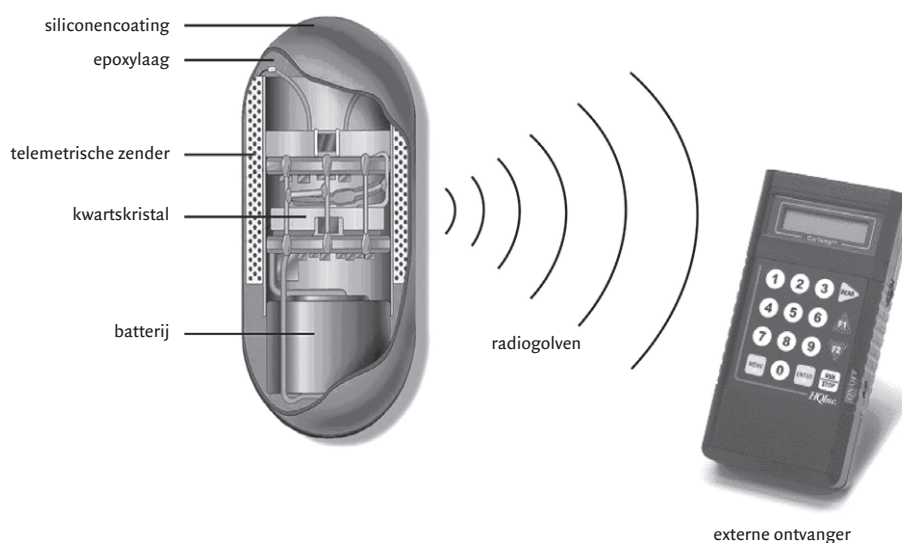
Metingen. Alle metingen werden uitgevoerd in een voor dit onderzoek speciaal opgezet laboratorium, gelegen aan de finish. De tests werden op dag 0 uitgevoerd van 11:00-17:00 uur en op de wandeldagen direct na de finish van 12:00-17:00 uur. De volgorde van de metingen, hierna aangegeven, was op alle dagen identiek.

– **Lichaamsgewicht.** Het lichaamsgewicht werd bepaald met een automatisch gekalibreerde weegschaal (Seca 888; Hamburg, Duitsland). Het aantal en de soort kledingstukken van de wandelaar werden bij iedere meting gelijk gehouden. Relatieve veranderingen in lichaamsgewicht werden berekend ten opzichte van de voorgaande dag.

– **Bloedwaarden.** Na 5 min rust, met de proefpersoon in zittende positie, werd 2 ml bloed afgenomen uit een armvene. Uit het bloedmonster werd direct de plasmanatriumconcentratie (in mmol/l) bepaald (Rapidpoint 400; Siemens Healthcare Diagnostics, Tarrytown, VS). Hyponatriëmie en hypernatriëmie werden gedefinieerd als een plasmanatriumconcentratie van respectievelijk ≤ 135 en ≥ 145 mmol/l.^{4,5}

– **Vochtinname.** Alle proefpersonen hielden een vochtinnameboek bij voor de registratie van de tijd en de hoeveelheid drank (in ml) die zij innamen tijdens het wandelen. De deelnemers kregen schriftelijke uitleg en daarnaast werden zij op dag 0 mondeling geïnstrueerd over het gebruik van het dagboek.

– **Kerntemperatuur.** Een oraal inneembare pil met ingebouwd temperatuurgevoelig kwartskristal en telemetrische zender, de zogenaamde temperatuurpil, werd gebruikt om de kerntemperatuur te meten (Cor Temp System, HQ Inc., Palmetto, VS) (figuur 1).⁶ Proefpersonen namen de avond van dag 0 de individueel gekalibreerde temperatuurpil in. Voorafgaand aan de start van elke wandeldag werd bij iedereen de kerntemperatuur 3 keer gemeten door de externe ontvanger bij het lichaam te houden. Deze procedure werd op elk 5-km-punt langs de wandelroute herhaald. Proefpersonen



FIGUUR 1. Schematische afbeelding van de zogenaamde temperatuurpil, een instrumentje van 20 mm lang en 10 mm breed. In de pil vibreert een temperatuurgevoelig kwartskristal op een frequentie die evenredig is aan de omgevingstemperatuur van de pil. Het temperatuursignaal wordt via een telemetrische zender via radiogolven verzonden naar een externe ontvanger. De sensoren worden van energie voorzien door een interne zilveroxidebatterij, die wordt beschermd door een epoxylaag en een siliconencoating.

TABEL 1. Kenmerken van 63 deelnemers aan de Nijmeegse Vierdaagse van 2007, gestratificeerd naar 3 afstanden

	totaal (n = 63)*	30 km (n = 18)	40 km (n = 25)	50 km (n = 20)
groepskenmerk				
♂:♀; n:n	34:29	10:8	14:11	10:10
leeftijd in jaren; gemiddelde (uitersten)	56 (22-81)	70 (60-81)	54 (22-78)	47 (32-67)
lengte in cm; gemiddelde (uitersten)	173 (154-190)	169 (156-186)	176 (165-190)	174 (154-190)
gewicht in kg; gemiddelde (uitersten)	75 (50-121)	71 (50-92)	75 (50-99)	79 (53-121)
BMI in kg/m ² ; gemiddelde (uitersten)	24,8 (17,8-36,1)	24,7 (19,9-28,3)	24,0 (17,8-28,9)	26,0 (22,4-36,1)
aandoening; aantal patiënten (%)				
hypertensie	15 (24)	7 (11)	5 (8)	3 (5)
hypercholesterolemie	9 (14)	2 (3)	2 (3)	5 (8)
cardiovasculaire klachten	7 (11)	3 (5)	2 (3)	2 (3)
astma	4 (6)	1 (2)	3 (5)	0 (0)
diabetes	2 (3)	0 (0)	2 (3)	0 (0)
overig	6 (9)	5 (8)	0 (0)	1 (2)
wandelkenmerk				
wandeltijd; uren:minuten (uitersten)	8:53 (5:16-13:42)	7:03 (5:16-9:24)	8:34 (5:33-11:14)	10:47 (6:30-13:42)
wandelsnelheid in km/h; gemiddelde (uitersten)	4,62 (3,19-7,69)	4,31 (3,19-5,70)	4,76 (3,56-7,21)	4,71 (3,65-7,69)
aantal stappen; gemiddelde (uitersten)	49 845 (14 272-80 132)	41 106 (18 210-51 225)	48 112 (14 272-64 115)	60 131 (26 686-80 132)
energieverbruik in kcal; gemiddelde (uitersten)	3 463 (1 479-6 983)	2 288 (1 479-3 318)	3 340 (1 965-5 279)	4 520 (2 874-6 983)
energieverbruik in kcal/24 h; gemiddelde (uitersten)	5 161 (2 634-9 471)	4 101 (2 634-5 278)	5 047 (2 903-7 948)	6 185 (3 655-9 471)

*De gemiddelden in de kolom 'totaal' zijn groeps-gemiddelden, berekend vanuit alle individuele waarden.

namen een nieuwe temperatuurpil in wanneer de vorige het lichaam had verlaten of wanneer er geen signaal meer was. De gemiddelde kerntemperatuur tijdens het wandelen werd berekend over alle metingen tussen start en finish.

– **Hartfrequentie.** Een hartslagband (Polar Electro Oy; Kempele, Finland) werd gebruikt om de hartfrequentie vóór de start en op elk 5-km-punt daaropvolgend te meten. Het meten van de hartfrequentie vond plaats met dezelfde recorder waarmee de kerntemperatuur werd gemeten.

– **Energieverbruik.** Tijdens de wandeldagen droegen de wandelaars een activiteitenmonitor (SenseWear Pro Armband; BodyMedia, Pittsburgh, VS) om hun rechter bovenarm. Met deze armband, die gebruikmaakt van voorgeprogrammeerde algoritmes en vooraf ingevoerde persoonsgegevens, kan op betrouwbare wijze het energieverbruik worden berekend.⁷

– **Weersomstandigheden.** Met een mobiel weerstation (Davis Instruments; Hayward, VS), gepositioneerd in het start-/finishgebied, werden luchttemperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid en zonnekracht iedere 30 min gemeten. De belangrijkste thermofysiologische maat om weersomstandigheden uit te drukken is de zogenaamde 'wet bulb globe temperature' (WBGT)-index (www.hse.gov.uk/temperature/information/heatstress/wetbulb.htm). De index is een maat voor de hittebelasting waaraan een individu wordt blootgesteld. In de berekening wordt rekening gehouden met de luchttemperatuur ($T_{\text{DRY BULB}}$), luchtvochtigheid

($T_{\text{WET BULB}}$) en de zonnekracht (T_{GLOBE}), als volgt: $WBGT = 0,1(T_{\text{DRY BULB}}) + 0,7(T_{\text{WET BULB}}) + 0,2(T_{\text{GLOBE}})$.⁸

Statistische analyse. Bevindingen werden als statistisch significant beschouwd als bij toetsing $p \leq 0,05$. Een 'repeated measures'-variantieanalyse (ANOVA) werd gebruikt om het beloop van parameters gedurende de wandeldagen te testen. In geval van significantie werd een bonferroni-post-hoc-toets uitgevoerd om bij een significante ANOVA-uitslag na te gaan waar, dat wil zeggen tussen welke tijdstippen/posten, zich de significantie bevindt. De pearsoncorrelatie werd berekend om de samenhang tussen fysiologische parameters vast te stellen.

RESULTATEN

Van de 66 geselecteerde deelnemers startte er 1 niet en op dag 1 vielen er 2 uit wegens klachten aan het bewegingsapparaat (knie en heup), die al dan niet van tevoren bekend waren. Deze 3 personen lieten wij buiten de verdere analyses.

In tabel 1 wordt de onderzoekspopulatie beschreven. Van de deelnemers aan het onderzoek rapporteerden er 58 (92%) dat zij voldeden aan de norm voor gezond bewegen (≥ 5 keer per week 30 min matig intensieve inspanning), vermeldde 24% bekend te zijn wegens hypertensie, 14% wegens hypercholesterolemie, 11% wegens cardiovasculaire klachten, 6% wegens astma en 3% wegens diabetes. Van de deelnemers

gebruikte 45% voorgeschreven medicatie (resultaten niet apart getoond). De meest gebruikte medicatie betrof anti-hypertensiva (15%; 10/63) (daarvan was 6% een diureticum (4/63)), bloedverdunners (8%), prostaatmiddelen (6%), statinen (6%), antimigrainemiddelen (3%), pulmonale medicatie (3%), schildkliersuppletie (3%), antidiabetica (3%), antihistaminica (3%), oestrogeensuppletie (3%) en een bisfosfonaat (3%). Daarnaast gebruikten 2 wandelaars op 1 of meerdere wandeldagen NSAID's.

De gemiddelde trainingsafstand in het jaar voorafgaande aan het evenement bedroeg 434 km, met een individuele variatie van 0 km (ongetraind: n = 5) tot 3000 km. De 30-km-groep was significant ouder, maar verschilde, wat lichaamskenmerken betreft, niet ten opzichte van de andere 2 groepen. De gemiddelde wandeltijd bedroeg circa 9 h, waarbij met een gemiddelde snelheid van circa 4,6 km/h werd gelopen.

Omgevingstemperatuur. De WBGT tijdens de Vierdaagse nam van 11,0°C (ochtend) tot maximaal 25,4°C (middag) toe.

Energieverbruik. Gedurende een wandeldag werden er gemiddeld 48.000-50.000 stappen gezet (zie tabel 1). Het energieverbruik tijdens het wandelen varieerde van 3300-3500 kcal per dag, waarbij het 24-uursenergieverbruik circa 5100 kcal per dag bedroeg.

Hartfrequentie en kerntemperatuur. Door het missen van een meetmoment of doordat een nieuwe pil ingenomen moest worden, ontbrak 17,5% van de temperatuurmetingen. De primaire fysiologische variabelen (kerntemperatuur, hartfrequentie en de elektrolytenbalans) lieten geen effect zien van geslacht, loopafstand of leeftijd. Daarom werden de betreffende data voor de totale onderzoekspopulatie gepoold. Wandelaars lieten een statistisch significante toename in hartfrequentie (+38 hartslagen/min) en kerntemperatuur (+0,8°C) zien tijdens het wandelen (tabel 2 en figuur 2). De individuele maximale kerntemperatuur varieerde van 37,4-39,0°C met een gemiddelde maximale kerntemperatuur van 38,1°C. Er werd geen hyperthermie (> 39,0°C) geobserveerd tijdens de Nijmeegse Vierdaagse van 2007.

Vochtinnname. De vochtinnname tijdens de wandeldagen varieerde van 2,6-3,3 l/dag (gemiddeld 0,34 l/h; resultaten niet apart getoond), met een interindividuele variatie van 0,3-12,0 l/dag (0,04-1,09 l/h) (zie tabel 2). Omdat de samenstelling van de vochtinnname minder belangrijk is voor de ontwikkeling van hyponatriëmie dan de hoeveelheid,⁹ werd deze niet meegenomen in deze studie. Relatieve verandering van het lichaamsgewicht varieerde van -3,1 tot +4,3%. Vochtinnname was positief gecorreleerd met lichaamsgewicht ($r = 0,34$; $p < 0,001$) en wandeltijd ($r = 0,49$; $p < 0,001$), terwijl er geen verschil in vochtinnname (in l/kg/h) aanwezig was tussen mannen en vrouwen.

Elektrolytenbalans. De gemiddelde plasmanatriumconcentratie nam op de wandeldagen af van 142,4 tot 140,6

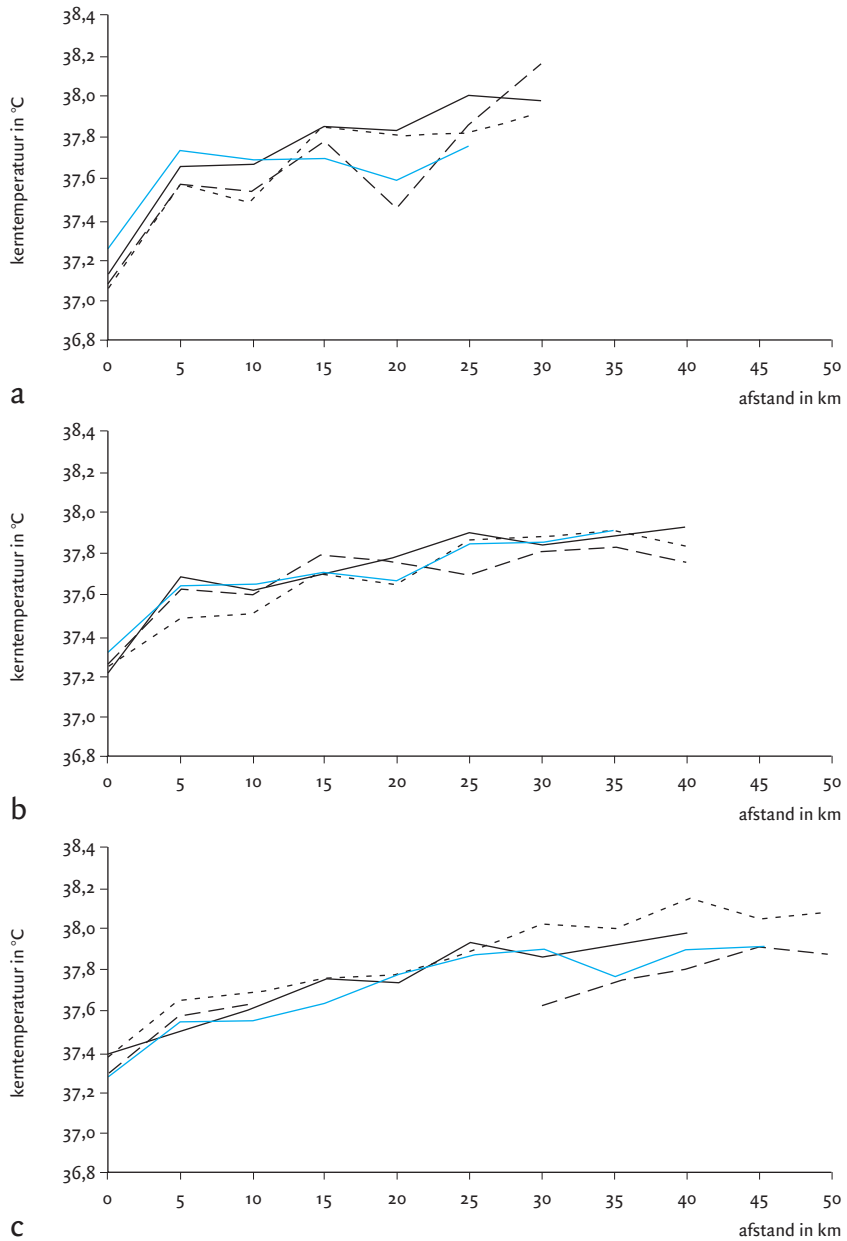
mmol/l (ANOVA: $p < 0,001$; bonferroni-post-hoc-toets: $p < 0,05$; de waarden op alle dagen waren significant lager dan op dag 0; zie tabel 2). Opvallend was de registratie van asymptomatische hyponatriëmie bij 3 personen (5%) en hypernatriëmie bij 10 personen (16%) op één of meerdere dagen. De veranderingen in plasmanatriumconcentratie waren afhankelijk van geslacht ($p < 0,01$), waarbij vrouwen een grotere afname lieten zien dan mannen, maar onafhankelijk van de gelopen afstand. De plasmanatriumconcentratie was negatief gecorreleerd met vochtinname ($r = -0,32$; $p < 0,001$) (figuur 3), verandering in gewicht ($r = -0,13$; $p < 0,05$) en wandeltijd ($r = -0,37$; $p < 0,001$).

BESCHOUWING

Het wandelen van de Nijmeegse Vierdaagse leidde in ons onderzoek tot een forse toename van de hartfrequentie en vormde daarmee een flinke fysieke belasting voor de deelnemers. Hoewel de kerntemperatuur bij alle wandelaars een duidelijke toename liet zien, stelden wij bij geen van hen hyperthermie vast. Wel namen wij een bijzonder grote interindividuele variatie waar in vochtinname, plasmanatriumconcentratie en verandering in lichaamsgewicht. Met name de hoge prevalentie van asymptomatische hyponatriëmie (n = 3; 5%) en hypernatriëmie (n = 10; 16%) was opvallend.

Deze studie liet zien dat het wandelen van een Vierdaagse bij een gematigde omgevingstemperatuur (maximaal 22,3-25,4°C uitgedrukt als WBGT) bij 1 op de 5 lopers leidt tot stoornissen in de vocht- en elektrolytenhuishouding.

Belasting en thermoregulatie. Aangezien de gemiddelde hartfrequentie tijdens het circa 9 h wandelen 68% van de maximale hartfrequentie bedroeg, dat wil zeggen dat het ging om matige tot intensieve inspanning, blijkt een goede fysieke conditie noodzakelijk te zijn om de Vierdaagse te voltooien. Dit inspanningsniveau kwam overeen met een energieverbruik, gemeten met de activiteitenmonitor, dat circa 5 keer zo hoog was als in rust. Hierbij nam de gemiddelde kerntemperatuur met 0,8°C toe tot 38,1°C. Eenzelfde temperatuurstijging (1,0°C) is beschreven bij de 'Ironman'-triatlon in Australië.¹⁰ Hoewel de weersomstandigheden en inspanningsduur in dat onderzoek vergelijkbaar waren met die bij de Nijmeegse Vierdaagse in 2007, was de getraindheid van de proefpersonen hoger; het ging om atleten van 35 jaar. Ondanks de ruimschoots hogere absolute belasting en de bijbehorende hitteproductie in de Ironman-triatlon was het verschil in relatieve belasting slechts gering, namelijk 83 versus 68% van de maximale hartfrequentie, bepalend voor de temperatuurregulatie. Deze observatie benadrukt dat het lopen van de Nijmeegse Vierdaagse een substantiële fysiologische belasting voor het lichaam is, die hoger is dan voorheen werd ingeschat. Desondanks leidt deze substantiële belasting niet tot ernstige verstoringen in



FIGUUR 2. Gemiddelde stijging van de kerntemperatuur (°C) op de afzonderlijke wandeldagen van de Nijmeegse Vierdaagse 2007, weergegeven als functie van de gewandelde afstand voor (a) de 30-km-, (b) de 40-km- en (c) de 50-km-groep: (—) dag 1; (—) dag 2; (- - - -) dag 3; (- · - ·) dag 4.

TABEL 2. Weersomstandigheden en fysiologische parameters tijdens de Nijmeegse Vierdaagse van 2007 (17-20 juli)

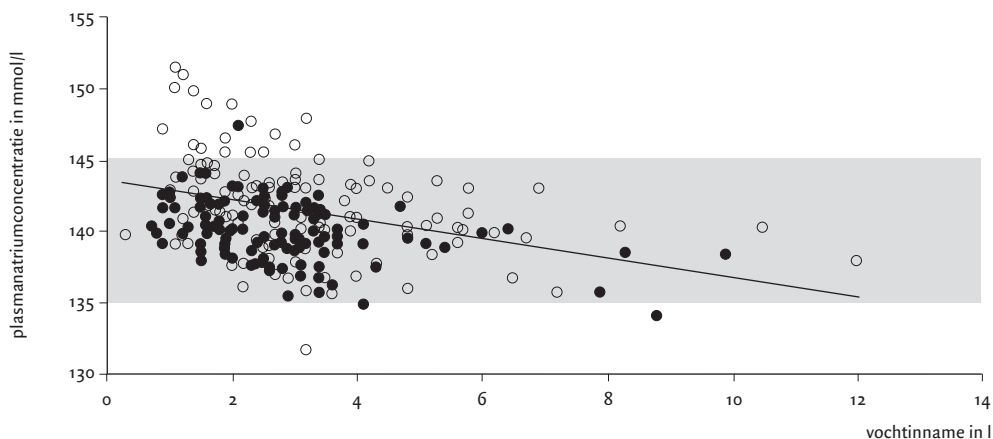
	dag 0	dag 1	dag 2	dag 3	dag 4
minimale WBGT (bij de start van de dag)		15,4	11,1	11,0	15,2
maximale WBGT (gedurende de middag)		22,3	23,9	25,4	22,8
hartfrequentie in slagen/min; gemiddelde (uitersten)	73 (53-100)	115 (80-161)	111 (79-151)	111 (80-145)	107 (80-146)
kerntemperatuur in °C (uitersten)					
gemiddelde		37,8 (37,1-38,4)	37,8 (37,2-38,4)	37,8 (37,0-38,3)	37,7 (37,1-38,3)
maximale		38,0 (37,4-38,8)	38,1 (37,5-38,7)	38,1 (37,4-39,0)	38,0 (37,4-38,6)
vochtinname in l; gemiddelde (uitersten)		2,6 (0,3-12,0)	3,2 (0,9-10,5)	3,3 (1,0-8,3)	2,6 (0,8-8,2)
lichaamsgewicht in kg; gemiddelde (uitersten)	74,9 (50,3-121)	75,3 (50,7-119,2)	74,9 (50,4-118,4)	75,0 (51,0-118,3)	75,4 (50,9-119,0)
gewichtsverandering in %; gemiddelde (uitersten)	0,0 (-1,95-4,26)	-0,1 (-3,05-2,78)	0,2 (-1,98-1,90)	0,4 (-2,59-3,45)	
plasmanatriumconcentratie in mmol/l; gemiddelde (uitersten)	142,4 (136,6-146,3)	141,2 (134,8-150,0)	141,4 (134,0-151,3)	140,1 (131,6-149,7)	140,6 (135,4-150,8)

WBGT = 'wet bulbe globe temperature'-index.

de temperatuurregulatie, wat suggereert dat het lichaam dit soort inspanningen relatief goed kan verwerken. Dit komt overeen met het algemene beeld van de Vierdaagse in 2007, waarbij er een gemiddeld aantal uitvallers was (9,7%) en er nauwelijks wandelaars onwel werden.

Vocht- en elektrolytenbalans. Een goede vochtinname is noodzakelijk voor het reguleren van de elektrolytenbalans en het behoud van het gewenste prestatieniveau.¹¹ De vochtinname tijdens het wandelen was gemiddeld 0,34 l/h en liet met uitersten van 0,04-1,09 l/h een verassend grote inter-individuele variatie zien. Belangrijker, en deels gerelateerd

aan de vochtinname, is het voorkómen van dehydratie of overhydratie tijdens langdurige inspanning. Het meten van veranderingen in lichaamsgewicht blijkt een simpele en klinisch bruikbare manier om dehydratie (gewichtsafname) en overhydratie (gewichtstoename) te bepalen.¹² De veranderingen in lichaamsgewicht (-3,1% tot +4,3%) in onze studiegroep duiden op een disbalans in de vochthuishouding. De verstoring van de plasmanatriumconcentratie, een indicator voor de vochtbalans tijdens inspanning, in een grote groep wandelaars (21%) ondersteunt deze gegevens.



FIGUUR 3. Verband tussen de plasmanatriumconcentratie (in mmol/l) en de vochtinname (in l) bij 63 wandelaars van de Nijmeegse Vierdaagse in 2007, opgesplitst naar vrouwen (●; n = 29) en mannen (○; n = 34) gedurende 4 dagen (iedere persoon komt 4 maal in de figuur voor). De referentiewaarden van de plasmanatriumconcentratie worden weergegeven door het rechthoekige, grijze gebied.

Dehydratie en hypernatriëmie. Het geslacht leek een belangrijke rol in de vocht- en elektrolytenbalans te spelen: 90% van de groep met hypernatriëmie waren mannen (resultaten niet apart getoond). Deze gegevens suggereren dat er bij mannen een verhoogd risico bestaat op het krijgen van dehydratie. Aangezien er geen significant verschil in gemiddelde vochtinname tussen beide geslachten was (mannen: 0,037 l/kg/dag versus vrouwen: 0,042 l/kg/dag), en een verhoogde natriuminname onwaarschijnlijk lijkt, was de hogere prevalentie van hypernatriëmie bij mannen mogelijk te verklaren door een hogere (hypotone) zweetproductie ten opzichte van vrouwen.¹³

Hoewel dehydratie sterk samenhangt met een verhoogd risico op oververhitting, vonden wij dit verband in onze studie niet. Maar het frequent vóórkomen van dehydratie en hypernatriëmie kan mogelijk grotere gevolgen hebben op de thermoregulatie tijdens inspanning bij hogere omgevingstemperaturen, zoals die aanwezig waren tijdens de Vierdaagse van 2006.

Overhydratie en hyponatriëmie. Overhydratie kan, aan de andere kant van het spectrum van de elektrolytenbalans, leiden tot een verhoogd risico op een inspanningsgebonden hyponatriëmie met hersenoedeem: een levensbedreigende situatie die afgelopen jaren tot enkele overlijdensgevallen heeft geleid bij grote sportevenementen.^{9, 14} Tijdens de Nijmeegse Vierdaagse van 2007 lieten 3 wandelaars (5%) een asymptomatische hyponatriëmie zien, die onafhankelijk was van voorgeschreven medicatie. Dit is de eerste keer in de literatuur dat een hyponatriëmie wordt geobserveerd tijdens wandelen. Hoewel de betreffende wandelaars geen klachten rapporteerden, dienen organisaties van wandel-evenementen en betrokken artsen duidelijk rekening te houden met de mogelijk levensbedreigende risico's hiervan. Het bestaan van een reëel risico op overhydratie wordt onderstreept door de gemiddelde daling van de plasmanatriumconcentratie in onze onderzoekspopulatie tijdens de wandeldagen en het feit dat 97% van de wandelaars op tenminste 1 dag een toename in lichaamsgewicht (indicatie voor overhydratie) liet zien.¹⁵

Een secundair doel van deze studie was om specifieke risicogroepen voor elektrolytendisbalans onder de wandelaars te definiëren. Allereerst lieten deelnemers met een langere wandeltijd een grotere afname van de plasmanatriumconcentratie zien dan deelnemers die sneller finishten. Daarnaast waren ook hier geslachtsgebonden effecten te zien (zie figuur 3). De plasmanatriumconcentratie liet een sterkere afname bij vrouwen zien dan bij mannen. Het lagere lichaamsgewicht ($p < 0,001$) en de langere wandeltijd ($p < 0,001$) van vrouwen leken daarbij eerder de oorzaak te zijn dan het geslacht zelf. Hoewel deze risicogroepen eerder zijn geconstateerd bij marathons,⁹ is dit nog nooit bij andere inspanningen, zoals wandelen, vastgesteld.

Klinische relevantie. Onze studie suggereert dat wande-

laars onder relatief milde weersomstandigheden een groter risico op hyponatriëmie en hypernatriëmie hebben dan vooraf werd aangenomen. Als wij onze resultaten extrapoleren naar de gehele Vierdaagsepopulatie, blijkt dat maar liefst circa 2250 wandelaars een hyponatriëmie, en zelfs circa 7200 wandelaars een hypernatriëmie hadden.

Gezien de potentiële levensbedreigende gevolgen van een hyponatriëmie (hersenoedeem) is met name de omvang van deze groep alarmerend. De risico's in de groep met hypernatriëmie wandelaars mogen echter evenmin onderschat worden. Bij toenemende omgevingstemperaturen kan deze groep hittegerelateerde aandoeningen krijgen. De combinatie van hypernatriëmie, dehydratie en algehele vasodilatatie in spieren (inspanning) en huid (thermoregulatie) leidt immers tot een verhoogd risico op hypotensie, met flauwvallen als gevolg.¹⁶ De honderden onwel geworden deelnemers tijdens de Nijmeegse Vierdaagse van 2006 zijn daarmee zeer waarschijnlijk te verklaren. Vermoedens voor dehydratie bij een onwel geworden deelnemer moeten altijd geverifieerd worden voordat men overgaat tot daadwerkelijke behandeling. Het standaard toedienen van iso- of hypotone oplossingen bij onwel geworden wandelaars zou namelijk bij 25% van hen, namelijk degenen met hyponatriëmie, fatale gevolgen kunnen hebben.¹⁷

Individueel vochtinnameadvies. Uit onze resultaten bleek dat, ondanks de grote interindividuele variatie van de vochtinname, de plasmanatriumconcentratie in veel gevallen binnen de referentiewaarden bleef. Zo bleef deze 140 en 141 mmol/l bij wandelaars die respectievelijk 0,3 l en 12,0 l vocht hadden ingenomen. Deze grote variatie in fysiologische respons benadrukt dat het geven van algemene drankadviezen, zoals in het verleden vaak werd gedaan, onmogelijk is.¹⁴ Sterker nog, een algemeen drankadvies zou bij een substantieel deel van de Vierdaagsepopulatie kunnen leiden tot dehydratie of juist overhydratie, met alle gevolgen van dien. Een mogelijk alternatief is dat de deelnemers zich vóór en na een wandeltraining wegen. Behoud of licht verlies van lichaamsgewicht (1 à 2%) staat dan voor een goede vochtbalans. Wandelaars kunnen zo op een eenvoudige manier kijken naar wat hun vochtbehoefte onder verschillende weersomstandigheden is.

CONCLUSIE

In het eerste jaar van dit langlopende Nijmeegse Vierdaagseonderzoek stelden wij vast dat wandelen in milde omgevingstemperaturen leidt tot een toegenomen, maar veilig gereguleerde kerntemperatuur. Opvallend was de frequent aanwezige elektrolytendisbalans, die bleek uit een onverwacht hoge prevalentie van asymptomatische hyponatriëmie (5%) en hypernatriëmie (16%). Het is daarom aan te bevelen om bij onwel geworden sporters onderscheid te maken tussen dehydratie en overhydratie voor men overgaat tot

het toedienen van vocht via een infuus. De komende jaren zullen algemeen en specifiek vervolgonderzoek moeten leiden tot een gedetailleerd inzicht in de fysieke risico's tijdens het lopen van de Nijmeegse Vierdaagse.

Dit onderzoek was niet mogelijk geweest zonder de bijdrage van alle wandelaars en vrijwilligers, Siemens (Medical Solutions, Breda), APC Cardiovascular (Belveld) en drs. J. Geirnaerd, meteoroloog.

Belangenconflict: geen gemeld. Financiële ondersteuning: Stichting Nijmeegse Vierdaagse.

Aanvaard op 16 juni 2008

- 12 Noakes TD, Sharwood K, Speedy D, Hew T, Reid S, Dugas J, et al. Three independent biological mechanisms cause exercise-associated hyponatremia: evidence from 2,135 weighed competitive athletic performances. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2005;102:18550-5.
- 13 Kaciuba-Uscilko H, Gruzca R. Gender differences in thermoregulation. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2001;4:533-6.
- 14 Meinders AJ, Meinders AE. Hyponatriëmie tijdens een duurloop: door overmatige vochtinname. *Ned Tijdschr Geneeskd*. 2007;151:581-7.
- 15 Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:377-90.
- 16 Holtzhausen LM, Noakes TD. The prevalence and significance of post-exercise (postural) hypotension in ultramarathon runners. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27:1595-601.
- 17 Hew-Butler T, Ayus JC, Kipps C, Maughan RJ, Mettler S, Meeuwisse WH, et al. Statement of the Second International Exercise-Associated Hyponatremia Consensus Development Conference, New Zealand, 2007. *Clin J Sport Med*. 2008;18:111-21.

Literatuur

- 1 Saanen J, Vroegop MP, Deuren M van, Grunsven PM van, Vugt AB van. Wandelen in de zon: hitteberoerte en hitte-uitputting tijdens de Nijmeegse Vierdaagse 2006. *Ned Tijdschr Geneeskd*. 2007;151:1549-52.
- 2 Ashkenazi I, Epshtein Y. Alternations in plasma volume and protein during and after a continuous 110-kilometer march with 20-kilogram backpack load. *Mil Med*. 1998;163:687-91.
- 3 Mudambo KS, Leese GP, Rennie MJ. Dehydration in soldiers during walking/running exercise in the heat and the effects of fluid ingestion during and after exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997;76:517-24.
- 4 Adrogué HJ, Madias NE. Hyponatremia. *N Engl J Med*. 2000;342:1493-9.
- 5 Hew-Butler T, Almond C, Ayus JC, Dugas J, Meeuwisse W, Noakes T, et al. Consensus statement of the 1st International Exercise-Associated Hyponatremia Consensus Development Conference, Cape Town, South Africa 2005. *Clin J Sport Med*. 2005;15:208-13.
- 6 Byrne C, Lim CL. The ingestible telemetric body core temperature sensor: a review of validity and exercise applications. *Br J Sports Med*. 2007;41:126-33.
- 7 Fruin ML, Rankin JW. Validity of a multi-sensor armband in estimating rest and exercise energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:1063-9.
- 8 Byrne C, Lee JK, Chew SA, Lim CL, Tan EY. Continuous thermoregulatory responses to mass-participation distance running in heat. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38:803-10.
- 9 Almond CS, Shin AY, Fortescue EB, Mannix RC, Wypij D, Binstadt BA, et al. Hyponatremia among runners in the Boston Marathon. *N Engl J Med*. 2005;352:1550-6.
- 10 Speedy DB, Noakes TD, Kimber NE, Rogers IR, Thompson JM, Boswell DR, et al. Fluid balance during and after an ironman triathlon. *Clin J Sport Med*. 2001;11:44-50.
- 11 Sawka MN. Physiological consequences of hypohydration: exercise performance and thermoregulation. *Med Sci Sports Exerc*. 1992;24:657-70.

Abstract

Physical risks whilst walking the Nijmegen Four Days Marches in 2007: electrolyte imbalance in 1 in 5 walkers

Objective. To determine the physiological impact and health risks for walkers during the Nijmegen (the Netherlands) Four Days Marches in 2007, the largest walking event in the world with more than 45,000 participants.

Design. Observational study.

Methods. 66 volunteers were randomly selected and counterbalanced for distance walked and gender in this observational study. Subjects walked 30 km (n = 20; 10 men), 40 km (n = 25; 14 men) or 50 km (n = 21; 10 men) per day, for 4 consecutive days. Core body temperature, fluid intake, changes in body weight, plasma sodium concentrations and energy usage were measured before and after the marches.

Results. During this event, ambient temperatures ranged from 11.0°C to a maximum 25.4°C expressed as 'wet bulb globe temperature' (WBGT). Heart rate (+38 beats per minute) and core body temperature (+0.8°C) significantly increased in all subjects during each day (about 9 hours walking per day at an average of 4.6 km/h), but hyperthermia was not diagnosed (definition: > 39.0°C). Average fluid intake varied between 2.6 and 3.3 l/d with a range of 0.3-12 l/d. The relative change in body weight associated with this was -3.1 to +4.3%. Mean plasma sodium concentration decreased from 142.4 to 140.6 mmol/l over each walking day. The plasma sodium correlated negatively with fluid intake (r = -0.32; p < 0.001), change in body weight (r = -0.13; p < 0.05), and walking time (r = -0.37; p < 0.001). A high prevalence of hyponatraemia (5%) and hypernatraemia (16%) was observed; extrapolating these findings to the entire field a large group (about 10,000) would have been at risk with this electrolyte imbalance.

Conclusion. This study showed that walking the Four Days Marches in Nijmegen with mild ambient conditions led to one in five participants incurring disturbances in fluid and electrolyte balance. Nonetheless, the participants were well able to keep their increasing core temperature within safe limits. Apart from the frequent electrolyte imbalance, the fluid intake varied strongly between individuals.

Ned Tijdschr Geneeskd. 2008;152:1571-8