

WOUTER VAN MARKEN LICHTENBELT

A stylized thermometer graphic is integrated into the title. The thermometer has a white outline, a blue bulb at the bottom, and a vertical tube. The tube is filled with orange liquid at the top and blue liquid at the bottom. The word 'RILLEN' is written in large white letters, with the thermometer's tube acting as the letter 'I'.

VAN
RILLEN
TOT
ZWETEN

De wetenschap achter
lichaamstemperatuur
van mens en dier

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord *6*

HOOFDSTUK 1

Warm oké, koud oké *8*

HOOFDSTUK 2

Setpoint? *19*

HOOFDSTUK 3

Mens in de kou *36*

HOOFDSTUK 4

Bruin vet – tovermiddel of teamgenoot? *51*

HOOFDSTUK 5

IJskoud *62*

HOOFDSTUK 6

Mens in de hitte *71*

HOOFDSTUK 7

Sport – hoofd en lijf koel houden *83*

HOOFDSTUK 8

Klimaat en binnenklimaat *91*

HOOFDSTUK 9

Goede tijden, slechte tijden *108*

HOOFDSTUK 10

Warme bloemen en koude vogels *123*

HOOFDSTUK 11

Grootte doet ertoe *138*

HOE WE METEN *151*

Boekenlijst *167*

Index *168*

VOORWOORD

Boeken over de regulatie van onze lichaamstemperatuur, ze zijn er wel, maar vooral voor studenten geneeskunde en biologie. Dit boek is bedoeld voor een veel breder publiek en is voornamelijk gericht op ons dagelijks leven. Het behandelt allerlei facetten van de thermoregulatie die we aan, in en om onszelf waarnemen. Bij lichaamstemperatuur denk je aan koorts, maar er is zo veel meer te melden over onze temperatuurhuishouding. Waarom heb je het koud? En waarom jij wel en een ander niet? Wat zijn opvliegers? Is een zonnesteek gevaarlijk? Wat is onderkoeling? Kun je je omgeving behalve comfortabel ook plezierig vinden? Wat doet de opwarming van de aarde met ons en onze omgeving? Kortom: in dit boek komen uiteenlopende facetten van ons dagelijks leven aan bod die te maken hebben met temperatuur.

Thermoregulatie lijkt zo vanzelfsprekend dat we er nauwelijks bij stilstaan. Tegelijkertijd zijn we er de hele dag mee bezig. Het is bijna verbazingwekkend dat we nog aan andere dingen toekomen. Wanneer ik met mensen spreek over mijn onderzoek worden ze meteen enthousiast. Bijna altijd komen ze met voorbeelden van zichzelf of iets uit hun omgeving. Over de twisten in het echtelijk bed over het aantal dekens of over de kou op kantoor.

Het leuke van thermoregulatie is dat het niet zo vreselijk ingewikkeld is. Na wat uitleg denk je vaak: best logisch eigenlijk, ik had het zelf kunnen bedenken dat het zo in elkaar zit. Natuurlijk zijn er ook allemaal ingewikkelde achterliggende processen, maar die details zijn gelukkig niet nodig om de meest relevante kennis over onze thermoregulatie te begrijpen. Dit boek gaat over onderzoek doen, over opgedane kennis en over het plaatsen van je eigen bevindingen en ervaringen in een context. Hoe komt het bijvoorbeeld dat je in de kou de ene keer gaat bibberen en het een andere keer prettig vindt? Na het lezen van het boek snap je dat, hoop ik.

Het leuke van het schrijven van dit boek was niet alleen het onderwerp zelf, maar ook de vrijheid bij het schrijven. Als ik als onderzoeker een wetenschappelijk overzichtartikel schrijf, moet ik systematisch alle relevante studies aanhalen. Nu had ik de vrijheid om mijn eigen keuzes te maken. Ik heb nadruk gelegd op het Nederlandse onderzoek en op mijn onderzoekservaringen, maar natuurlijk wel buitenlandse bevindingen vermeld. Ook al zijn de onderwerpen een persoonlijke keuze, het moet wel kloppen wat er staat. Daarom heb ik collega's gevraagd delen van de tekst kritisch te lezen.

Daarvoor mijn dank aan Rick Kramer, Hein Daanen, Thijs Eijsvogels, Cas Fuchs, Joost Bierens, Hannah Pallubinsky en Jan van Gils. Mijn dochter heeft de laatste versies van de hoofdstukken doorgelezen voor ik die naar redacteur Wim de Jong durfde te sturen. Dank je wel, Merel! De correcties van Wim en eindredacteur Marian van Eekelen waren heel nuttig en leerzaam. Fenna van der Grient, redacteur en boekencoördinator bij *New Scientist*, heeft me enorm gesteund in de begeleiding van het proces van eerste versie tot drukklaar. Ten slotte, veel dank aan collega's, vrienden en familieleden die een fijn klankbord vormden en me bewust en onbewust supertips hebben gegeven.

Dit boek vind ik geslaagd als ik iets van mijn enthousiasme over het vakgebied, het onderzoek en de kennis kan overbrengen. Al kiest hierdoor maar één tiener voor de studie biologie. Maar natuurlijk hoop ik op een groter publiek, dat net als ik gefascineerd raakt door thermoregulatie.

WARM OKÉ, KOUDE OKÉ

Pff, wat is het warm... Brrr, koud!

Een groot deel van de dag besteden we aan het uitwisselen van onze thermische toestand. We praten dagelijks over het weer. We hebben het nauwelijks door, maar over het weer praten of over hoe warm of koud we het hebben, is de meest gebruikte openingszin na het eerste ‘hallo, hoe gaat het met je?’. ‘Weertje, hè’ of ‘koud vandaag’ of ‘jemig, wat een hitte!’.

De een heeft het koud, de ander heeft het warm. De vrouw wil een extra deken in bed, terwijl manlief ligt te puffen van de hitte. Veel echtparen communiceren via de thermostaatknop. Als ik naar mezelf kijk, ben ik, zelfs in mijn eentje, niet consequent. Na een fietstocht zweet ik van de hitte. Als ik een tijdje heb stilgezeten voel ik me veel te koud. In dezelfde ruimte bij dezelfde temperatuur voel ik me de ene dag prima, de andere dag vind ik het te koud. Hoe komt dat toch? Is er nu echt wat aan de hand of zeuren we maar wat? Ik denk allebei. Een beetje zeurkousen zijn we wel. Want hoe erg is het uiteindelijk als je het een tijdje koud of juist warm hebt?

Een beroemde *zen koan*, een korte dialoog die een aspect van de boeddhistische leer weergeeft, gaat als volgt: een monnik vroeg aan de Chinese zenmeester Dongshan Liangjie (807-869): ‘Hoe kunnen we de kou en de hitte vermijden?’ Dongshan antwoordde: ‘Waarom ga je niet naar een plek waar geen kou en hitte is?’ ‘Is er zo’n plek?’ vroeg de monnik. Dongshan merkte op: ‘Als het koud is, wees dan door en door koud; als het warm is, wees dan door en door warm.’ Met andere woorden: als het koud is, is het koud en als het warm is, is het warm. Neem het zoals het is. Je kunt je ook afvragen: heeft degene die klaagt over de hitte het warmer dan degene die niet klaagt? Zenmonniken leren zo met de situatie om te gaan, zich niet te verzetten, maar het te accepteren of het zelfs tegemoet te treden.

Niets aan de hand dus?

Zo simpel is het niet. We voelen ons bij warmte en kou vaak niet comfortabel. En dat is niet voor niets. Het is ons met de paplepel ingegoten. Door bezorgde ouders die zeggen: 'Kleed je goed aan! Neem een extra trui mee.' Want, o jee, je zou een koutje kunnen vatten. En door onze gewoonte dagelijks eraan te memoreren: 'Koud hè, vandaag?' Maar het is ook een biologisch gegeven; de mate waarin we ons comfortabel dan wel oncomfortabel voelen bepaalt ons gedrag en dat kan in natuurlijke situaties cruciaal zijn om te overleven. Het kan ervoor zorgen dat we beschutting zoeken. In extreme gevallen kan bijvoorbeeld te lang in de kou blijven leiden tot bevriezingen van tenen en vingers.

ZUINIG ZIJN

Hoe was dat ooit in een ver verleden? Geloof je werkelijk dat onze verre voorouders zich bezighielden met 'iets te koud' en 'iets te warm', zoals wij dat tegenwoordig doen? Geen denken aan. Die hadden wel wat beters te doen. Aan de andere kant, onbewust waren ze wel degelijk bezig met de dagelijkse temperatuur. Ze zochten plekken waar ze beschut konden zitten en tegen de kou werden beschermd. In de hitte, in de tropen, na een dagtocht op zoek naar voedsel, zochten ze de schaduw op, net zoals onze hond dat doet. En de voorloper van de huidige hond, de wolf, en ook wijzelf in een ver verleden deden dat niet voor niets. We moesten zuinig zijn. Zuinig op energie en zuinig op water. Zuinig op bijna alles, want er was geen overdaad, er was tekort. Voor ons voedsel, de energiebron, moesten we hard werken, jagen en verzamelen. En in tijden van overdaad sloegen we die extra energie op in ons lichaam, in de vorm van lichaamsvet, het witte vet. Die reserves konden we vervolgens aanspreken in tijden van tekorten. Zuinigheid troef dus. En zo zijn alle organismen georganiseerd, want als een soortgenoot van jou (een nicht of een neef) zuiniger was dan jij, dan had die meer energie over voor het produceren en opvoeden van zijn of haar nakomelingen. En meer nakomelingen betekent evolutionair succesvoller. En dus op den duur meer zuinige types.

Natuurlijk is dit een eenzijdig plaatje en spelen andere processen een rol. Sterk zijn, je concurrenten aankunnen of imponeren met enorme geweien en verspillend baltsgedrag. Maar zelfs dat gedrag komt uiteindelijk voort uit het streven naar zuinigheid. Baltsgedrag kan laten zien dat je genoeg reserves hebt opgebouwd om verspillend te kunnen zijn. Je moet dan wel een goed mannetje zijn. Charles Darwin, de godfather van de evolutieleer,

maakte dat onderscheid al in de 19e eeuw. Simpel gezegd: natuurlijke selectie stimuleert zuinig zijn, terwijl je bij seksuele selectie laat zien dat je in staat bent te verspillen. Hoe sterk of mooi je bent, met als een van de meest extreme voorbeelden de staart van de pauw, die vrijwel alleen nog dient om indruk te maken en te kunnen paren met de meeste hennen.

De natuurlijke selectie dwingt ons om zuinig te zijn. Hoe zit dat dan met de temperatuur? Wat kost het als we in de kou of er warmpjes bij zitten?

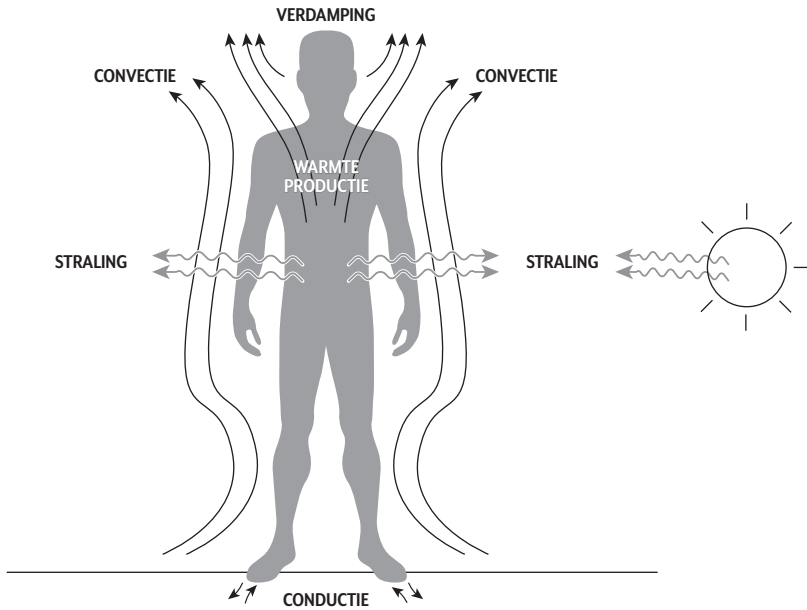
OP TEMPERATUUR

Ons lichaam produceert continu warmte door de stofwisseling (ook metabole genoemd). In onze organen vinden chemische reacties plaats voor het vormen en afbreken van eiwitten, voor de verwerking van ons voedsel, voor het in stand houden van onze cellen, enzovoort. Bij vrijwel al deze reacties komt warmte vrij. Een lichaam in rust produceert 80 tot 100 watt, evenveel als een flinke ouderwetse gloeilamp waar je je vingers aan brandt. Als we niet zouden afkoelen, zouden we steeds warmer worden. Maar gelukkig koelen we wel af, voornamelijk via de huid en een beetje met ademen. De warmteproductie (door de stofwisseling) en warmteafgifte bepalen samen hoe warm we zijn.

Afkoelen gebeurt op vier manieren: door straling, conductie, convectie en verdamping (figuur 1.1). Van die *straling* ben je je vaak niet bewust. Je ziet het niet en voelt het vaak niet. Het is de infraroodstraling (met een langere golflengte dan het zichtbare rood) die het werk doet. Toch verliezen we, als we binnen zitten, de meeste warmte door straling, aan de koele muren bijvoorbeeld. Als de warmte jouw kant op komt voel je de straling gemakkelijker, zoals die van de zon of van een kachel. Door straling kun je dus zowel afkoelen als opwarmen.

Conductie of geleiding is het warmtetransport van (of naar) je lichaam aan objecten die je aanraakt. Bijvoorbeeld afkoelen als je tegen een koude muur aan staat of met water uit de kraan nadat je je gebrand hebt aan een hete pan. Of koelen aan de lucht. Maar de lucht geleidt warmte slecht en werkt vaak als een isolator. Behalve als het waait, dan wordt er telkens nieuwe lucht aangevoerd. Vandaar dat het KNMI melding maakt van de gevoels-temperatuur bij strenge vorst. Daarin zit de windsnelheid verwerkt. Als het vriest en ook nog waait, koel je veel meer af en moet je je warmer kleden.

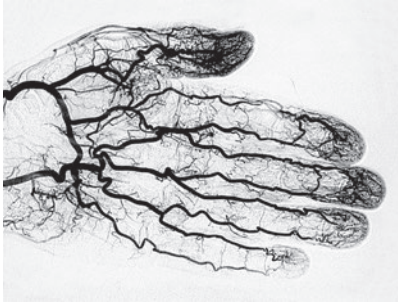
De stroming langs het lichaam, noemen we *convectie*. Dat merk je in de wind, maar nog meer als je zwemt. Water geleidt warmte veel beter dan



FIGUUR 1.1: Het lichaam produceert met de stofwisseling continu zelf warmte. Om op temperatuur te blijven moet het lichaam warmte afstaan. Er zijn vier manieren van uitwisselen van warmte met de omgeving: straling, conductie of geleiding, convectie en verdamping.

lucht. De conductie is dus al groot. Maar zwemmend koel je door convectie nog veel harder af, want telkens komt er nieuw water langs je lichaam. De wetsuits die bij surfen en in de onderwatersport worden gebruikt zorgen dat die convectie vermindert. Het laagje water in het pak warm je op met conductie, maar het rubber zorgt voor isolatie van dat laagje en dat de convectie in het pak heel laag is. Zo blijf je langer warm. Goede winterkleding doet dat ook. De lucht tussen de laagjes kleding onder de winterjas blijft daar hangen, opgewarmd door het lichaam.

Verdamping ten slotte is de vierde manier om af te koelen. Als water verdampt onttrekt dat warmte aan je huid. Dat onttrekken van warmte gebeurt ook bij een dampend kopje hete thee, vooral als je eroverheen blaast. En lik eens op de huid van je hand en blaas er zachtjes overheen: lekker koel. Met verdamping van zweet kun je heel veel warmte onttrekken aan je lichaam, in de hitte of bij sport. Maar normaal gesproken, in ons dagelijks leven thuis of op kantoor, is er niet veel verdamping vanaf het lichaam. Wel lekt altijd wat water door je huid dat verdampt en ook met



FIGUUR 1.2: Een röntgenfoto waarbij met contrastvloeistof de bloedvaten in de hand goed zichtbaar zijn.

ademen verdamp je water vanuit je longen. Met verdamping kun je alleen maar afkoelen, je warmt er nooit van op.

In het dagelijkse leven vinden de verschillende manieren van afkoelen tegelijkertijd plaats. De bijdrage van elk hangt af van de situatie en je activiteit. Op kantoor is straling de belangrijkste, bij sporten en in de hitte verdamping.

Warmtetransport binnen het lichaam vindt plaats door conductie, maar vooral door convectie. En wel met ons bloed. De meeste mensen zullen zeggen dat de belangrijkste taak van het bloed zuurstoftransport is, maar een thermofysioloog (specialist op het gebied van lichaamstemperatuur) zal zeggen warmtetransport. Natuurlijk zijn ze allebei belangrijk en er zijn nog veel meer cruciale functies van bloed, maar warmtetransport is er wel een van.

In de kou koelen we af als de warmteafgifte groter is dan onze warmteproductie. Om dat tegen te gaan reageert het lichaam met vernauwing van de bloedvaten in de huid, armen en benen (figuur 1.2). Dit wordt vaatvernauwing of vasoconstrictie genoemd.

Dat zorgt ervoor dat er minder bloed naar de oppervlakte van ons lichaam stroomt. Ons warme bloed wordt dan minder afgekoeld. Het warmtetransport van binnen naar buiten neemt af. Zo kunnen we in de kern van ons lichaam (organen en hersenen) de temperatuur van ongeveer 37 graden Celsius handhaven (gemiddeld is de temperatuur 36,6 °C; figuur 1.3). De huid en de weefsels aan de buitenkant van ons lichaam koelen dan wel af; niet overal is het even warm.

Dat hoeft ook niet. In eerste instantie lijkt er dus niets aan de hand. Maar je krijgt er wel koude vingers of tenen van (figuur 1.3). Handen en voeten worden in de kou veel minder verwarmd van binnenuit door ons warme

MENS IN DE KOU

ABORIGINALS

Diep in de woestijn van Australië, achter een walletje van struiken ligt een aantal mensen op hun rug in het zand, naakt. Tussen hen in brandt een houtvuurtje. Precies zoals dat ook traditioneel gebeurde, nog niet zo heel lang geleden. Australië, lekker warm zou je zeggen, maar het tegendeel is waar, want in de woestijn kan het 's nachts afkoelen tot rond het vriespunt. Vandaar dat vuurtje. Dat helpt een beetje. Minimaal, maar net genoeg. Voor de Aboriginals tenminste. Op de grond liggen zowel Aboriginals als controle-proefpersonen, westerse mensen. Hun ademhalingslucht wordt opgevangen. Achteraf kan de hoeveelheid uitgedemde lucht in de zak worden geanalyseerd en het zuurstofgebruik (O_2) en de kooldioxideproductie (CO_2) van de proefpersonen worden bepaald. Hieruit kan hun energiestofwisseling worden berekend; deze is vrijwel gelijk aan de warmteproductie van het lichaam (figuur 3.1).

Verder lopen er draden van temperatuursensoren over hun lichaam naar meetapparatuur die bij een stekelstruik staat opgesteld. De proefpersonen maken deel uit van een groep vrijwilligers die meedoen aan het onderzoek van de befaamde bioloog Per Scholander uit de jaren vijftig in navolging van het onderzoek van de Australische hoogleraar Sir Cedric Stanton Hicks uit de jaren dertig. In die tijd leefden er nog groepen Aboriginals naakt in

GLUCOSE + ZUURSTOF → KOOLDIOXIDE + WATER + ENERGIE (WARMTE)

FIGUUR 3.1: Voorbeeld van 'verbranding' van voedingsstoffen in ons lichaam. In dit geval reageert suiker (glucose) met zuurstof (O_2) en worden kooldioxide (CO_2) en water gevormd, waarbij energie vrijkomt die kan worden benut. Door zuurstof en/of kooldioxide te meten kan de energiestofwisseling (is grotendeels de warmteproductie) worden berekend.

de woestijn. Scholander gebruikte een groep mannen van wie hij aannam dat ze grotendeels dezelfde aanpassingen hadden als hun (voor)vaders en vergeleek de uitkomsten van hen met die van een groep westerse mensen. Tijdens de metingen daalde de luchttemperatuur regelmatig naar 0 °C. De Aboriginals sliepen als een roos, als vanouds. De westerse controlegroep bracht de nacht rillend en slapeloos door.

De moderne mens, *Homo sapiens*, ontstond ongeveer 300.000 jaar geleden in tropisch Afrika en de meeste van onze aanpassingen stammen uit die tijd. We worden ook wel een tropische diersoort genoemd. *Homo sapiens* migreerde nadien over de hele wereld, vestigde zich in veel verschillende klimaatregio's en overleefde grote temperatuurschommelingen, zowel gedurende de seizoenen als over de dag. Ook in tropisch Afrika kan de dagelijkse variatie in temperatuur namelijk groot zijn. Zelfs in de tropen moeten we tegen kou kunnen.

Om onze lichamelijke reactie op warmte of koude beter te kunnen begrijpen maken we onderscheid tussen acute blootstelling en langdurige gewenning aan bepaalde temperaturen. Als je voor het eerst in de hitte komt krijg je het snel te warm. Je bent er nog niet aan gewend. Na een aantal dagen kun je er veel beter tegen. Je zweetcapaciteit is onder meer groter geworden. Omdat je dan meer kunt zweten koel je beter. In de kou geldt iets dergelijks. De eerste keer in de kou ril je flink, maar na verloop van tijd neemt het rillen wat af en voel je je comfortabeler.

Er zijn ook erfelijke factoren die een rol spelen. Die kunnen verschillen tussen groepen mensen verklaren, zoals verschillen in lichaamsbouw tussen Inuit in het noorden van Canada en Masai uit tropisch Afrika. De Inuit hebben een relatief gedrongen bouw, korte wat diepliggende neuzen. Het lichaam is daardoor beter beschermd tegen snijdende kou, terwijl de Masai juist lang zijn en daardoor meer lichaamsoppervlakte hebben, wat koelen in de hitte makkelijker maakt.

Ons lichaam kan zich op verschillende manieren weren tegen de kou. We kunnen allereerst zorgen dat de kerntemperatuur op peil blijft door alleen onze schil (huid, armen en benen) te laten afkoelen. Dit doen we door vaatvernauwing van de bloedvaten in de huid en naar handen en voeten bijvoorbeeld. De huid kan afkoelen, terwijl de kern van het lichaam warmte vasthoudt (een isolerende respons). Door de afgekoelde huid verliezen we minder warmte aan de omgeving. Het verschil in temperatuur tussen huid

en omgeving is immers kleiner geworden. We kunnen ook de warmteproductie laten toenemen door te gaan rillen of door chemische processen in de lichaamscellen. Dat noemen we een metabole respons. Er is nog een mogelijkheid: laat maar waaien, niets doen en afkoelen. De kerntemperatuur kan dan wat afnemen. Natuurlijk kunnen de verschillende reacties worden gecombineerd.

De westerse mensen die meededen in het experiment van Scholander vertoonden een duidelijke metabole respons. De analyse van de ademhalingsgassen liet zien dat ze in de koude nacht veel meer zuurstof gingen gebruiken en dus een hogere warmteproductie kregen. Die verhoogde warmteproductie kwam vooral door het rillen. En juist dat rillen hield ze wakker. De Aboriginals hadden nergens last van; ze rilden niet, ze lieten hun huidtemperatuur meer zakken en bij sommige studies daalde zelfs hun kerntemperatuur. Wel is in de huid en de ledematen wat vaatvernauwing opgetreden, maar niet genoeg om te voorkomen dat ook hun kerntemperatuur afnam. De Aboriginals hadden dus een tragere stofwisseling gedurende de nacht. Met die 'laat maar gaan'-respons wordt flink energie bespaard.

Scholander relativeerde het verschil tussen de Aboriginals en de westerse mensen. Hij zag een grote variatie in reacties bij de westerse controle-proefpersonen (sommigen rilden weinig) en oppert dat ook westerse mensen zich goed kunnen aanpassen, mits ze de tijd daarvoor krijgen.

Is dat verlagen van de kerntemperatuur een algemene aanpassing van mensen in tropische en natuurlijke omstandigheden? Het lijkt erop van niet. Rond diezelfde tijd zijn ook de Bosjesmannen (San) van de Kalahariwoestijn bestudeerd door de Zuid-Afrikaanse onderzoeker Joan Ward en collega's. Er heerst in die streken ook een woestijnklimaat met koude nachten. Uit het onderzoek bleek dat de Bosjesmannen hun kerntemperatuur beter op peil hielden dan de Aboriginals. De San hielden zich beter warm door de stofwisseling (de metabole kachel) meer op te stoken.

Deze beide al wat oudere studies zijn heel interessant, omdat ze zijn uitgevoerd met mensen die nog in natuurlijke omstandigheden leefden. Wel zijn de studies lastig met elkaar te vergelijken omdat de proefomstandigheden onderling verschilden en de koudeblootstellingen niet aan elkaar gelijk waren. Hoe dan ook laat het zien dat ook de in de tropen levende mens zich aanpast aan kou.

SAMI

De Sami uit het noorden van Scandinavië zijn net als de Aboriginals en de San in de jaren zestig bestudeerd. Kristian Lange Andersen en collega's gebruikten meer gecontroleerde omstandigheden in proefruimtes. Zowel Sami als westerse controlepersonen brachten de nacht door bij 0 °C. De Sami waren al hun leven lang rendierherders en -jagers en leefden grotendeels buiten. Lange Andersen beschrijft dat hun behuizing slecht verwarmd was. Een aantal proefpersonen maakte nog gebruik van de lavvu, een traditionele nomadische tent. De westerse proefpersonen maakten deel uit van het onderzoeksteam en waren gewend aan een moderne leefstijl.

De Noorse Sami lijken op grofweg dezelfde manier te reageren op kou als westerse personen uit de gematigde streken. Maar de mate van aanpassing verschilt wel. Ze gaan net als mensen van de gematigde streken rillen en daarmee neemt hun warmteproductie toe. Ook de temperatuur van de huid en periferie neemt af door vasoconstrictie van de bloedvaten in de huid en daarmee wordt het warmteverlies verminderd. In vergelijking met mensen uit gematigde klimaten, zijn de reacties echter minder uitgesproken. Er wordt dus minder gerild en de kerntemperatuur daalt een beetje ten opzichte van de Europese controle-proefpersonen. Dat spaart energie en lijkt dus op de respons van de Aboriginals.

Er zijn dus verschillen in reacties op de kou tussen diverse bevolkingsgroepen. Ook zijn er wel degelijk observaties dat lokale bewoners in koude streken het zwaar te verduren hadden. Interessant is de notitie van een studie van Vilhjalmur Stefansson uit het begin van de vorige eeuw. Hij beschrijft hoe de Athabaskanen uit het hoge noorden van Amerika, flink lijden in de kou: 's Nachts slapen ze onder dekens waarmee ze zelfs hun hoofd bedekken, maar ze bibberen de hele nacht zodat hun dekens schudden.'

VUURLANDERS

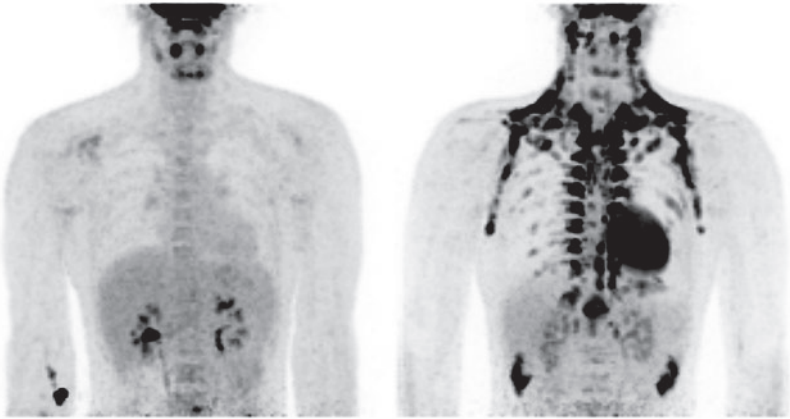
Vuurlanders, het Yahganvolk en aanverwante volken van het uiterste puntje van Zuid-Amerika, leefden onder barre koude omstandigheden. Charles Darwin sprak zijn verbazing uit hoe deze mensen hier leefden. Hij was op een lange zeereis van 1831-1836 aan boord van het onderzoeksschip de Beagle. In zijn boek *De reis van de Beagle* vermeldt hij dat de temperatuur overdag zo rond de 7°C ligt en 's nachts daalt tot 2 à 3 °C. Hij schrijft: 'Door de vochtige en tumultueuze wind die door geen zonnestraal werd opgevrolijkt leek het klimaat nog slechter dan het in feite was.' Het weer is er ellendig met veel regen en stormen.

BRUIN VET – TOVERMIDDEL OF TEAMGENOOT?

Oktober 2007, de spanning stijgt ten top. Onze eerste vrijwilliger heeft zojuist de proef in de kou meegemaakt en ligt voor de laatste meting in de PET/CT-scanner. We hebben hem afgekoeld bij de afdeling Nucleaire Geneeskunde in een speciale kamer met loden wanden tegen de straling. Daarin hebben we een doorzichtige vierkante plastic tent geplaatst. Die tent dient als tijdelijke klimaatkamer. Daarin plaatsten we een bed, een airco en meetapparatuur. We kunnen nog net langs de tent lopen om de apparatuur te bedienen. De dun geklede proefpersoon lag eerst een uur onder thermoneutrale condities, 22 °C. Hij droeg een plastic kap over zijn hoofd om de ademhalingslucht op te vangen. Daarna hebben we met behulp van de airco de lucht gekoeld tot 16 °C. Bij die temperatuur rilde de proefpersoon net niet, maar hij kreeg het wel koud.

Na twee uur kwam de medisch nucleair werker langs en die diende nauwkeurig een radioactieve *tracer* toe. Dezelfde soort merkerstof die bij kankeronderzoek wordt gebruikt. De merkerstof is een vorm van suiker die zijn weg ‘zoekt’ in het lichaam. Hij gaat vooral in die lichaamscellen zitten waar veel suiker (glucose) wordt gebruikt, dat zijn met name de cellen van weefsel dat actief is. Vervolgens kan een PET-scanner weergeven waar de merkerstof terechtgekomen is. Bijvoorbeeld in een tumor of (bij zowel patiënten als gezonde mensen) in gezonde actieve weefsels, zoals de hersenen, de lever en de nieren. Of, zo hopen we, in bruin vet als het actief is geworden door de kou, als het er tenminste is. Want dat is nog onbekend.

Eén uur heeft de stof nodig om zich te nestelen. Vervolgens gaat de proefpersoon op een smalle schuifbare onderzoekstafel van de scanner liggen. Langzaam glijdt hij door de ronde opening van de scanner. Wij, vier onderzoekers, staan gespannen naar een beeldscherm te kijken. Wat krijgen we



FIGUUR 4.1: Tweemaal een PET-scan van dezelfde proefpersoon. Eenmaal in thermoneutrale toestand en eenmaal in de kou. Bij thermoneutraal zie je duidelijk glucoseopname (zwart) in de hersenen (nog net het onderste deel in beeld) en de nieren. Bij de koude scan zie je ook het bruin vet in de hals, achter de sleutelbenen en langs de wervels. Ook zie je het hart, maar dat is toevallig, de eerste keer gebruikte het hart vooral vetzuren, de tweede keer ook glucose als energiebron.

te zien? Eerst het hoofd. Duidelijk verschijnt de zwarting van de hersenen; de merkerstof heeft goed z'n werk gedaan. Dan zien we wat donkere plekken in de hals. Deze plekken zien de heren en dames van nucleaire geneeskunde normaal gesproken niet. Ze zouden lichtgrijs moeten zijn. En dan, overduidelijk achter de sleutelbenen en langs de wervelkolom, verschijnen zwarte plekken... Yes, bingo! Bruin vet! Het is een van de momenten die je als onderzoeker maar heel af en toe meemaakt. Het is haast te mooi om waar te zijn. Het bewijs is geleverd: volwassen mensen bezitten actief bruin vet (figuur 4.1). Maar wat is het eigenlijk?

WIT VET, BRUIN VET

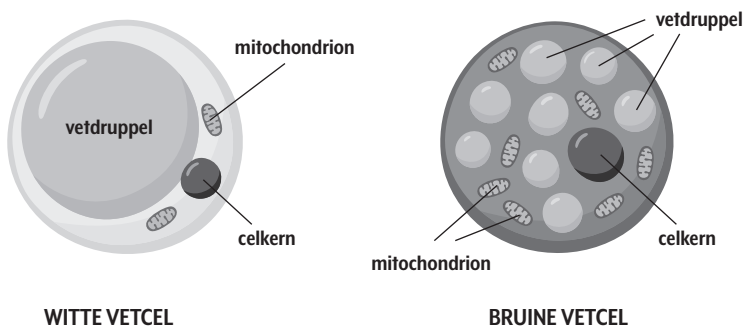
Veel vet is niet gezond. Dat weet iedereen. Maar het hangt ervan af om wat voor vet het gaat. Bruin vet is prima. Het is dan ook een ander vet dan het bekendere witte vet. Uit dierproeven blijkt dat actief bruin vet samengaat met een gezondere stofwisseling en soms ook met gewichtsverlies. Hierdoor dromen wetenschappers en journalisten over bruin vet als de *magic bullet* om af te vallen. Daarover straks meer. Tot voor kort wisten de meeste mensen niet wat bruin vet is. Sinds we in Maastricht en onafhankelijk van ons nog twee onderzoeksgroepen in 2009 publiceerden dat actief bruin vet ook bij volwassenen voorkomt is het volop in het nieuws geweest. Maar wat is het

nu precies, dat bruin vet? En waarom kan bruin vet gezond zijn, terwijl veel ‘gewoon’ wit vet dat niet is?

Het witte vet kennen we allemaal. Het ziet er wit of geel uit en het zorgt voor de opslag van energie in het lichaam. Daar is op zich niets mis mee. Reserve-energie kan heel belangrijk zijn, bijvoorbeeld wanneer je ziek bent. Je gebruikt dan vaak extra energie, terwijl je minder eet dan normaal. In zo’n situatie worden de vetreserves aangesproken. Vroeger waren er ook periodes van voedseltekort, bijvoorbeeld door een droge tijd of kou in de winter, en waren de vetreserves van belang om te overleven. Een teveel aan wit vet is daarentegen niet gezond. Te veel wit vet gaat gepaard met overgewicht en dat leidt tot een verhoogd risico op suikerziekte, hart- en vaatziekten en op nog veel meer ellende. Die mix van ziektes wordt het metabool syndroom genoemd. In deze tijd van overdadig voedingsaanbod en gebrek aan beweging hebben steeds meer mensen last van te veel wit vet.

Wit vetweefsel bestaat uit cellen die vol zitten met vet, grote vetbollen (figuur 4.2). Andere delen van de cel, zoals de celkern, lijken helemaal naar de kant gedrukt. Een bruinvetcel ziet er heel anders uit. Ook hier is vet in opgeslagen, maar veel minder. Het vet zit verspreid in kleine druppels die ongeveer de helft van de cel vullen. In de rest van de bruine vetcel zitten voornamelijk mitochondriën. Dat zijn een soort energiefabriekjes waarin warmte kan worden aangemaakt.

Het bruin-vetweefsel is heel goed doorbloed. Met het bloed kan de warmte van het bruin vet snel worden vervoerd naar de rest van het lichaam. Bovendien is voor de hoge verbranding in het bruin vet veel zuurstof nodig. Door de



FIGUUR 4.2: Links een witte vetcel en rechts een bruine vetcel. De witte vetcel wordt gedomineerd door een grote vetdruppel. De bruine vetcel heeft kleine vetdruppels en veel mitochondriën.

EEN ZEER INTERESSANT BOEK. HOE JE EEN TEMPERATUUR ERVAART, IS VOOR IEDEREEN ANDERS; ER ZIT EEN HELE WONDERE WERELD ACHTER!

- METEOROLOOG HELGA VAN LEUR

Waarom zit de een te bibberen terwijl de ander zich juist comfortabel voelt? Hoe reageert ons lichaam op een hittegolf? En is een beetje kou gezond of niet? In *Van rillen tot zweten* duik je met thermofysioloog Wouter van Marken Lichtenbelt in de wereld van de lichaamstemperatuur. Aan de hand van interessante voorbeelden en anekdotes vertelt hij hoe ons lichaam op temperatuur blijft. Zo lees je hoe sommige volkeren in extreem koude omstandigheden overleven, wat de wetenschap over ijsbaden en sauna's zegt en hoe we ons kunnen aanpassen aan het veranderende klimaat.

Niet alleen mensen reguleren actief hun temperatuur. *Van rillen tot zweten* beschrijft ook hoe hommels verschillende lichaamsdelen op verschillende temperaturen houden, hoe kolibries zichzelf soms laten afkoelen tot bijna het vriespunt en hoe sommige bloemen zichzelf opwarmen.

Een luchtig en verhelderend boek voor iedereen die meer wil weten over warmte, kou en de strijd om de thermostaatknop.



WOUTER VAN MARKEN LICHTENBELT heeft als hoogleraar in de thermofysiologie aan de Universiteit Maastricht baanbrekend onderzoek verricht op het gebied van de temperatuurregulatie bij mensen en dieren. Momenteel onderzoekt hij hoe warmte en kou je gezondheid en conditie verbeteren en hoe we het binnenklimaat in gebouwen kunnen optimaliseren. Hij schreef eerder voor onder meer vaktijdschriften, *Natuur* en *Techniek* en *NRC*.

ISBN 9789085718352 NUR 922 / 320



9 789085 718352 >