

Fysiologie beïnvloedt de comfortabele omgeving

De kans is groot dat u en uw partner de thermische omgeving anders beoordelen. Mensen verschillen immers qua lichaamsbouw en metabole warmteproductie. Bij vrouwen kan de warmteproductie tot wel 35% minder zijn dan mannen! Toch wordt er voor het binnenklimaat vaak weinig rekening gehouden met deze individuele verschillen. De verwachting is dat dit in de toekomst gaat veranderen. Dit artikel gaat in op de invloed van lichaamsbouw op het ideale binnenklimaat en laat zien dat thermisch neutraal niet gelijk is aan thermisch comfortabel. Met behulp van een biofysische modelstudie worden slanke en zwaarlijvige personen vergeleken.

B.R.M. (Boris) Kingma PhD, post doctoraal onderzoeker, en prof.dr. W. (Wouter) van Marken Lichtenbelt, hoogleraar ecologische energetica en gezondheid; Department of Human Biology, Nutrim, Maastricht University

Individuele verschillen in metabolisme (interne warmteproductie) en lichaamsbouw (interne warmteweerstand) beïnvloeden de optimale thermische omgeving wat betreft warmtebalans en comfort. In dit artikel is een biofysisch model gebruikt om de thermoneutrale zone en het thermisch comfort te bestuderen voor slanke en zwaarlijvige mensen.

De thermoneutrale zone is gedefinieerd als het bereik van operatieve temperaturen waarin het lichaam de kerntemperatuur kan behouden door enkel de interne warmteweerstand te reguleren (huiddoorbloeding). Buiten de thermoneutrale zone heeft het lichaam extra warmte productie (rillen of bruin vet activatie) of extra warmteverlies (zweeten) nodig [1]. Dit is anders dan thermisch comfort, of de thermische comfortzone, die gedefinieerd is als het bereik van operatieve temperaturen waarin een persoon aangeeft tevreden te zijn met de thermische omgeving [2].

METHODE

Het biofysische model vergelijkt het warmtetransport binnen het lichaam met het warmteverlies naar de omgeving. Het warmtetransport binnen het lichaam wordt bepaald door de metabole warmteproductie en de samengestelde warmteweerstand van weefsels en huiddoorbloeding. Het warmteverlies naar de omgeving wordt bepaald door conductie, convectie, straling en evaporatie [3].

De simulaties zijn uitgevoerd voor een bereik van operatieve (10°C – 40°C) en gemiddelde huidtemperaturen (20°C – 40°C). Voor elke combinatie van temperaturen is aangenomen dat de relatieve luchtvochtigheid gelijk is aan 50% en dat de luchtsnelheid gelijk is aan $0,05\text{ m/s}$. Verder is in het model de kledingisolatie gelijkgesteld aan een maatpak (1Clo of $0,155\text{ m}^2\text{K/W}$), en de metabole warmteproductie is gelijkgesteld aan een rustende liggende houding ($0,8\text{ Met}$ of 46 W/m^2).

Het normale fysiologische bereik van warmteweerstand voor een slank lichaam is $0,031\text{ m}^2\text{K/W}$ – $0,124\text{ m}^2\text{K/W}$ (huid + vetlaag ~ 4 mm) [4,5]. In een koude omgeving zal het lichaam de bloedvaten vernauwen waardoor de toestand van maximale warmteweerstand wordt bereikt. In een warme omgeving zal het lichaam juist de bloedvaten verwijden en zorgen voor een minimale interne warmteweerstand. Voor zwaarlijvigen is dit bereik groter door een dikkere vetlaag ($0,031\text{ m}^2\text{K/W}$ – $0,274\text{ m}^2\text{K/W}$, huid + vetlaag ~ 10 mm). Resultaten van het model waarbij de warmteproductie gelijk is aan het warmteverlies en de kerntemperatuur in het bereik $36,5^{\circ}\text{C}$ – $37,5^{\circ}\text{C}$ valt, worden beschouwd als 'thermisch neutraal'. Daarnaast worden resultaten waarbij de gemiddelde huidtemperatuur in het bereik $32,5^{\circ}\text{C}$ – $33,5^{\circ}\text{C}$ valt beschouwd als thermisch comfortabel [6].

RESULTATEN

Onder geklede en rustende conditie is de thermoneurale zone gelijk aan 18,2°C–27,5°C voor slanke en 10,0°C–27,0°C voor zwaarlijvige lichamen (zie figuur 1). Comfortabele operatieve temperaturen zijn 21,8°C–24,4°C voor zowel slanke als zwaarlijvige lichamen. Figuur 1 toont dat de operatieve temperatuur altijd in context van huidtemperatuur gezien moet worden. Zo is bijvoorbeeld de steady-state operatieve temperatuur 24,4°C alleen comfortabel als de gemiddelde huidtemperatuur aan de bovengrens van het comfortabele huidtemperatuurbereik is (33,5°C).

DISCUSSIE

De resultaten tonen dat thermisch neutraal niet per definitie gelijk is aan thermisch comfortabel en dat een comfortabele operatieve temperatuur niet los gezien kan worden van de huidtemperatuur. Verder toont het model aan dat lichaamsbouw een essentieel onderdeel is voor thermische comfortmodellen.

Bij slanke personen komen comfortabele temperaturen overeen met het centrum van de thermoneurale zone (licht grijs gebied in figuur 1A). Echter, bij zwaarlijvige personen ligt de huidtemperatuur die als comfortabel wordt ervaren door slanke personen aan de bovenkant van de thermoneurale zone (figuur 1B). Dus als zwaarlijvige en slanke personen dezelfde huidtemperatuur als comfortabel ervaren, dan ervaren ze ook dezelfde operatieve temperatuur als comfortabel. Maar als comfortabele temperaturen overeenkomen met het centrum van de thermoneurale zone dan zullen zwaarlijvige personen een koelere huidtemperatuur (en dus ook lagere operatieve temperatuur) als comfortabel ervaren (figuur 1B, schuif de comfortabele huidtemperatuur denkbeeldig naar beneden).

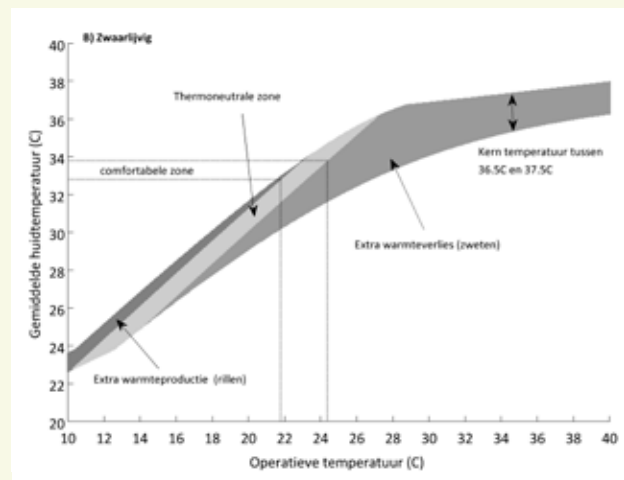
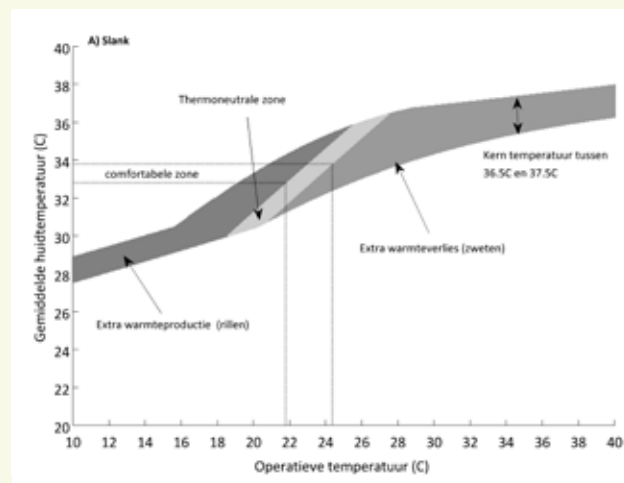
Het is niet bekend welke huidtemperatuur zwaarlijvige mensen als comfortabel ervaren. Het model toont hier dus een lacune in de huidige kennis en stuurt waar nieuw onderzoek nodig is.

VALIDITEIT

Dit artikel beschrijft de resultaten van een modelstudie. De modelparameters zijn uit wetenschappelijke studies vergaard, maar de uitkomsten zijn nog niet gevalideerd in een experiment.

CONCLUSIE

Fysiologische verschillen hebben een grote invloed op een neutrale of comfortabele omgeving. In dit artikel laten we zien dat thermisch neutraal niet per se gelijk is aan een thermisch comfortabele conditie. Individuele verschillen in lichaamsbouw zijn evident in



-Figuur 1- Oplossingen van het biofysische model waar de kerntemperatuur tussen 36,5°C en 37,5°C ligt, weergegeven voor een bereik van gemiddelde huidtemperatuur en operatieve temperatuur. (A) Lichaamswarmte weerstand van een slank persoon, (B) lichaamswarmte weerstand van een zwaarlijvig persoon. Licht grijs: thermoneutraal gebied, donker grijs links: extra warmteproductie nodig (rillen of bruin vet activatie), donker grijs rechts: extra warmteverlies nodig (zweeten).

slanke vs. zwaarlijvige personen, maar zijn ook aanwezig tussen mannen en vrouwen, of jongeren en ouderen. Bestaande comfortmodellen nemen het effect van metabolisme al mee (bijvoorbeeld Fanger), maar zoals hier aangetoond kan het effect van lichaamsbouw niet worden genegeerd.

Het model dat gebruikt is in dit artikel bevat de primaire fysiologische parameters voor thermisch comfort. Daardoor is dit model geschikt om thermische omgevingen te ontwikkelen die beter toegespitst zijn op de behoeften van specifieke gebruikers.

Het model is ook beschikbaar als gratis app voor Android: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kingma.tnz>

ACKNOWLEDGEMENT

Dit werk is gesubsidieerd door AgentschapNL (Intewon: Eosl10033) en TKI Energo en TKI Solar Energy (TEGB|13023)

REFERENTIES

1. IUPS, T.C., Glossary of terms for thermal physiology. Third edition. Revised by The Commission for Thermal Physiology of the International Union of Physiological

Sciences (IUPS Thermal Commission). The Japanese Journal of Physiology, 2001. 51(2): p. 245-80.

2. Ashrae, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ASHRAE standard 55-2010, 2010.
3. Kingma, B.R.M., et al., Beyond the classic thermoneutral zone: Including thermal comfort. Temperature, 2014. 1(2): p. 142-149.
4. Burton, A.C. and O.G. Edholm, Man in a cold environment, . 1955, London: Edward Arnold (Publishers) LTD.
5. Veicsteinas, A., G. Ferretti, and D.W. Rennie, Superficial shell insulation in resting and exercising men in cold water. J Appl Physiol, 1982. 52(6): p. 1557-64.
6. W, Liu., W. Zhiwei, and D. Qihong, Use of mean skin temperature in evaluation of individual thermal comfort for a person in a sleeping posture under steady thermal environment. Indoor and Built Environment, 2014. 0(0): p. 1-11.