EP2 FINLAND

ENVIRONMENTAL EXERCISE PHYSIOLOGY PROGRAM

YMPÄRISTÖFYSIOLOGIA

Ympäristöfysiologia tutkii ympäristön olosuhteiden vaikutusta ihmisen fysiologiaan, suorituskykyyn ja terveyteen.

Lämpötila: kuuma ja kylmä

- Hapen osapaine: hypoksia ja hyperoksia
- Kronobiologia
- Ilmansaasteet
- Mikrogravitaatio
- Hyperbaarinen fysiologia



LÄMPÖTILA

Lämpötila

Suomessa altistutaan lämpötilan ääripäille: jäätäville pakkasille ja paahtavalle helteelle.
Suomessa vuoden kylmimmän ja kuumimman päivän välinen lämpötilaero voi olla yli 70 °C.



Tammikuun 2026 pakkasjakso Lapissa oli 2000-luvun kylmin

Alkuvuoden kahden viikon pituinen ajanjakso Lapin maakunnassa oli hyisin sitten vuoden 1987.



Yli 30 asteen hellepäiviä on ollut nyt 20 putkeen

Ennätyksellinen helleputki on saanut jatkoa.

Lämpötila

Mikä on kylmää, mikä kuumaa?

Ympäristön tuottamaan lämpökuormaan vaikuttavat ilman lämpötilan lisäksi kosteus, tuulennopeus ja säteilylämmön määrä

Wet-bulb globe temperature: lämpötilan mittari, jolla voidaan arvioida ihmisen kokemaa lämpökuormaa ympäristöstä.

$WBGT = 0,7T_w + 0,2T_g + 0,1T_d$

T_w = märkälämpötila, ottaa huomioon ilman kosteuden
T_g = pallolämpötila, ottaa huomioon säteilylämmön
T_d = ilman lämpötila



Lämpötila

Erilaiset lämpötilaindeksit antavat käytännöllisen tavan arvioida ympäristön tuottamaa lämpökuormaa tai riskejä

NWS lämpöindeksi

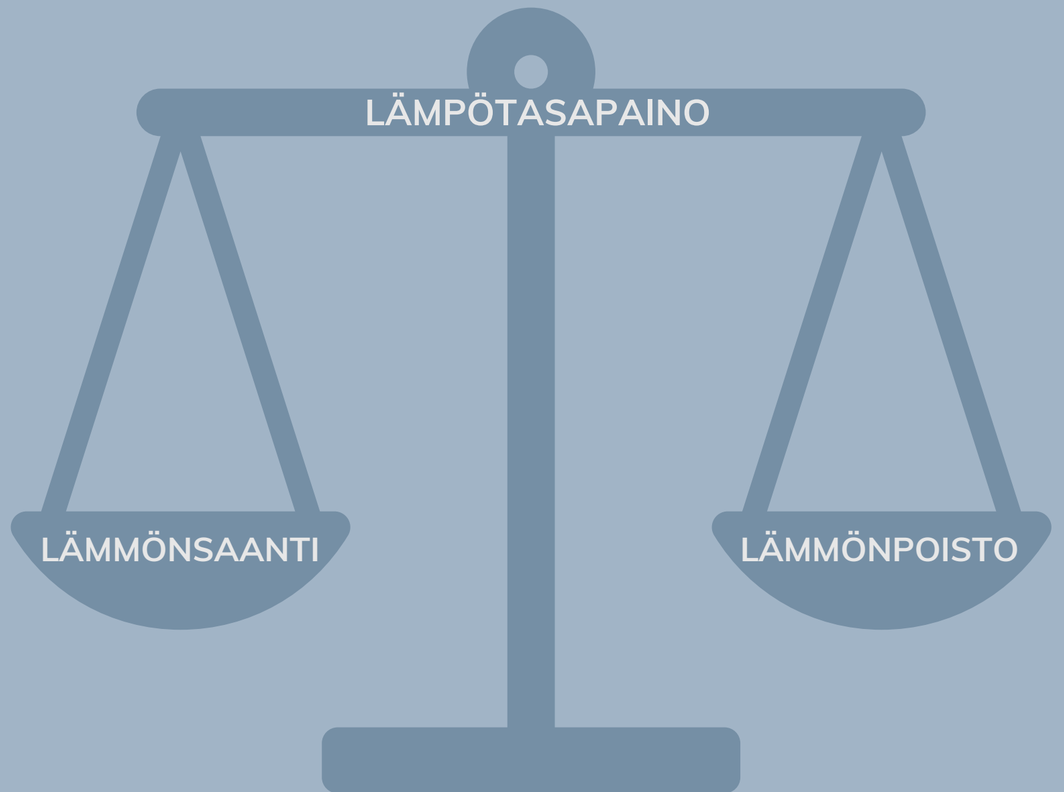
Suhteellinen kosteus (%)	Lämpötila (°C)																
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
40	27	28	29	30	31	32	34	35	37	39	41	43	46	48	51	54	57
45	27	28	29	30	32	33	35	37	39	41	43	46	49	51	54	57	
50	27	28	30	31	33	34	36	38	41	43	46	49	52	55	58		
55	28	29	30	32	34	36	38	40	43	46	48	52	55	59			
60	28	29	31	33	35	37	40	42	45	48	51	55	59				
65	28	30	32	34	36	39	41	44	48	51	55	59					
70	29	31	33	35	38	40	43	47	50	54	58						
75	29	31	34	36	39	42	46	49	53	58							
80	30	32	35	38	41	44	48	52	57								
85	30	33	36	39	43	47	51	55									
90	31	34	37	41	45	49	54										
95	31	35	38	42	47	51	57										
100	32	36	40	44	49	54											

Wind Chill Index

Lämpötila (°C)	Tuulen nopeus (km/h)													
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
0	-2	-3	-4	-5	-6	-6	-7	-7	-8	-8	-8	-9	-9	-9
-5	-7	-9	-11	-12	-12	-13	-14	-14	-15	-15	-15	-16	-16	-16
-10	-13	-15	-17	-18	-19	-20	-20	-21	-21	-22	-22	-23	-23	-23
-15	-19	-21	-23	-24	-25	-26	-27	-27	-28	-29	-29	-30	-30	-30
-20	-24	-27	-29	-30	-32	-33	-33	-34	-35	-35	-36	-36	-37	-37
-25	-30	-33	-35	-37	-38	-39	-40	-41	-42	-42	-43	-43	-44	-44
-30	-36	-39	-41	-43	-44	-46	-47	-48	-48	-49	-50	-50	-51	-51
-35	-41	-45	-48	-49	-51	-52	-53	-54	-55	-56	-57	-57	-58	-58
-40	-47	-51	-54	-56	-57	-59	-60	-61	-62	-63	-63	-64	-65	-65
-45	-53	-57	-60	-62	-64	-65	-66	-68	-69	-69	-70	-71	-72	-72

Lämpötila - lämpötasapaino

Lämpötasapainoon, eli siihen kuumeneeko vai viileneekö keho, vaikuttaa lämmönsiirto ihmisen ja ympäristön välillä sekä kehon oma lämmöntuotto. Vaatetus vaikuttaa merkittävästi lämmönsiirtoon.



Lämpötila - lämpötasapaino

Lämpötasapainoon (lämmönsaannin ja lämmönpoiston summa) vaikuttaa lämmönsiirto ihmisen ja ympäristön välillä sekä kehon oma lämmöntuotto. Vaatetus vaikuttaa merkittävästi lämmönsiirtoon.

SÄTEILY

Lämpöä siirtyy ympäristön ja ihmisen välillä säteilemällä. Suora auringonpaiste on merkittävä säteilylämmön lähde.

KONVEKTIO

Ilman tai veden virtaus iholla kuljettaa lämpöenergiaa lämpimästä kylmään. Kova tuuli lisää lämmönvaihtoa konvektiolla.

JOHTUMINEN

Lämpöä siirtyy johtumalla. Esimerkiksi kosteisiin ja viileisiin vaatteisiin johtuu runsaasti lämpöä.

HAIHTUMINEN

Hien haihtuminen iholta poistaa tehokkaasti lämpöä. Kosteassa hikeä ja lämpöä haihtuu vähemmän.



Lämpötila - lämpötasapaino

Ympäristön olosuhteiden lisäksi ihmisen oma
lämmöntuotto vaikuttaa merkittävästi lämpötasapainoon.

LIIKUNTA

Intensiivinen ja pitkäkestoinen liikunta tuottaa paljon lämpöä.
Liikunnan absoluuttinen teho määrittää lämmöntuoton.

AINEENVAIHDUNTA

Aineenvaihdunnan kiihtyminen lisää lämmöntuotantoa.

LIHASVÄRINÄ

Kun ihon lämpötila tai ydinlämpötila laskee, lämpöä tuotetaan lihasvärinällä.

RUOANSULATUS

Ruoansulatuksella on lämpöä tuottava, termogeeninen vaikutus.



Lämpötila - lämmönsäätely levossa

Hypotalamus aistii ja säätää kehon lämpötilaa luoden edellytykset kehon toimintojen ylläpitämiseksi.



Afferentit ärsykkeet

Viestit kehon eri osista lähettävät aivoille tietoa kehon lämpötilasta.

Sentraalinen kontrolli

Saatua tietoa verrataan hypotalamuksen asettamaan “set point” -lämpötilaan.

Efferentit ärsykkeet

Lämmön poistoa tai tuottamista lisätään hypotalamuksen ohjaamana.

Lämpötila - lämmönsäätely levossa

Ihminen kykenee lämmönsäätelyyn aineenvaihdunnan, verenkierron ja hikoilun säätelyn avulla.



Lihasvärinä

Lihasvärinä lisää energiankulutusta. Se saavuttaa korkeimman intensiteettinsä n. 34,5 °C lämpötilassa.

Energiankulutus suurimmillaan jopa 5xBMR.

Vasokonstriktio

Verisuonten supistuminen hidastaa lämmön siirtymistä ympäristöön ihon kautta.

Hikoilu

Hikoilu lisää lämmönpoistoa haihtumalla.

NST/termogeneesi

BAT/UCP lisää energiankulutusta ja lämmöntuottoa.

Vasodilaatio

Verisuonten laajentuminen lisää lämmön siirtymistä ympäristöön ihon kautta.

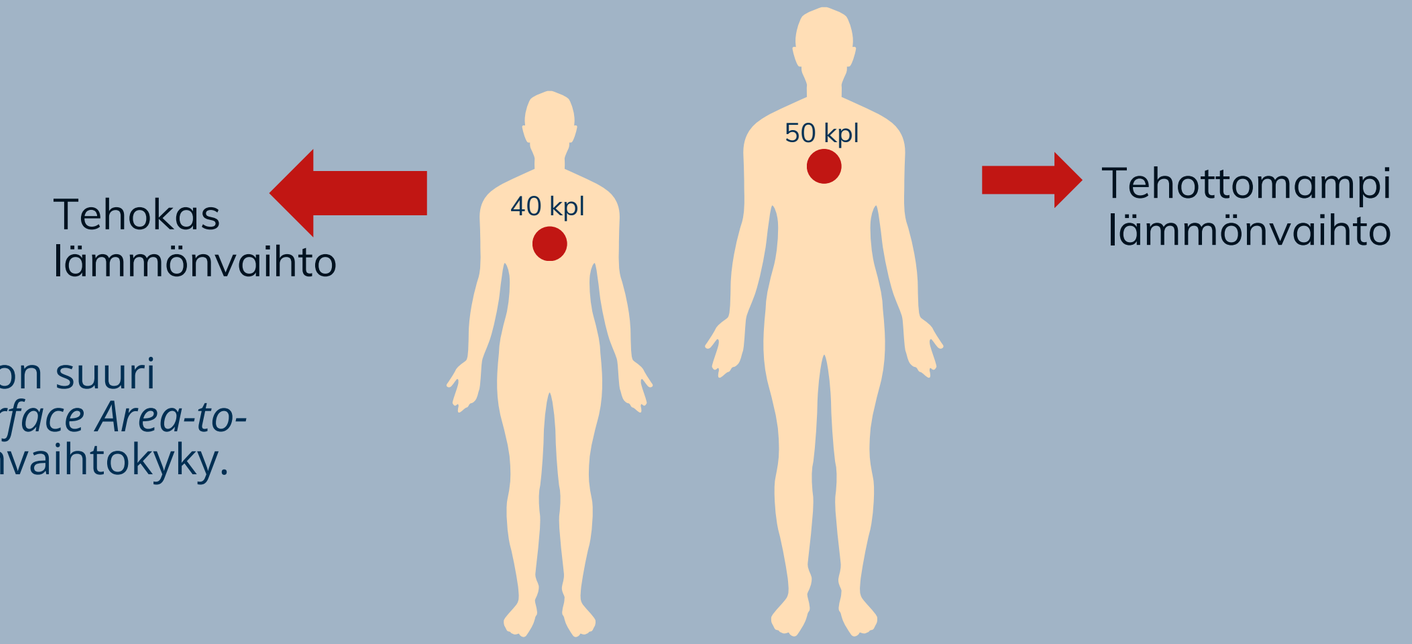
Lämpötila – lämmönvarastointikyky

Lämpötasapainon tekijöiden lisäksi kuuman ja kylmän aiheuttamaan fysiologiseen kuormitukseen vaikuttaa kehon lämmönvarastointikyky.

Suurempi kehon massa sitoo enemmän lämpöä, mikä hidastaa ydinlämmön nousua ja laskua. Lihasmassa sitoo enemmän lämpöä kuin rasvamassa, sillä se vaatii enemmän energiaa lämmetäkseen (2,97 kJ/kg/°C vs. 3,66 kJ/kg/°C), mutta rasvamassa on tehokkaampi eriste.

Isokokoisempaan henkilöön mahtuu useampi “lämpöyksikkö” ●

Pienikokoisemmilla ja hoikkarakenteisilla henkilöillä on suuri **ihon pinta-ala suhteessa kehonmassaan** (*Body Surface Area-to-Mass Ratio*; m/kg), ja näin ollen tehokkaampi lämmönvaihtokyky.



Miesten ja naisten erot

LÄMMÖNSÄÄTELY

Kuukautiskierto vaikuttaa ydinlämpötilan säätelyyn. Kehon lämpötila vaihetelee 0,3-0,7 °C kierron aikana. Ydinlämpötilan nousu vähentää lämmönvarastointikykyä, mikä voi näkyä heikompana suorituskykynä kuumassa.

LÄMMÖNTUOTTO

Naisilla usein alhaisempi maksimaalinen työkapasiteetti (esim. VO2max), ja näin ollen alhaisempi lämmöntuotto, kun työskennellään suhteessa omaan maksimiin.

LÄMMÖNPOISTO

Naisilla on keskimäärin alhaisempi maksimaalinen hikoiluteho, mikä heikentää lämmönpoistoa hikoilemalla.

Lisäksi kehon pinta-ala vaikuttaa lämmönvaihtoon konvektiolla ja säteilemällä.

LÄMMÖNVARASTOINTIKYKY

Naisilla on keskimäärin pienempi massa ja lihasmassa ja näin ollen heikompi lämmönvarastointikyky. Tämä voi aiheuttaa nopeammat ja suuremmat muutokset kehon lämpötilassa ympäristön lämpötilan muuttuessa.



KUUMA



LIIKUNTA KUUMASSA





Laskimopaluu vähenee, iskutilavuus pienenee, syketaajuus nousee

Maksimaalinen minuuttitilavuus ja $\dot{V}O_2max$ pienenee

Verenkierto lihaksille ja aivoille vähenee kovassa kuormituksessa

LIIKUNTA KUUMASSA



“LÄMPÖVIESTIEN” INTEGROINTI

LÄMMÖNSÄÄTELYVASTEET

1. Verenkierto iholla ja kehon ääreisosissa lisääntyy
2. Hikoilu alkaa lisäten lämmönpoistoa haihtumalla
3. Muutokset käytöksessä kuten aktiivisuuden vähentäminen

Ihon lämpötilan nousu

Ydinlämpötilan nousu

Lihas- ja elinlämpötilojen nousu



Korkeampi kuormittumisen tunne

Heikentynyt tahdonalainen lihasaktivaatio (MVC)

Heikentynyt vireystila ja kognitio
→ enemmän virheitä ja impulsiivisuutta

LIIKUNTA KUUMASSA



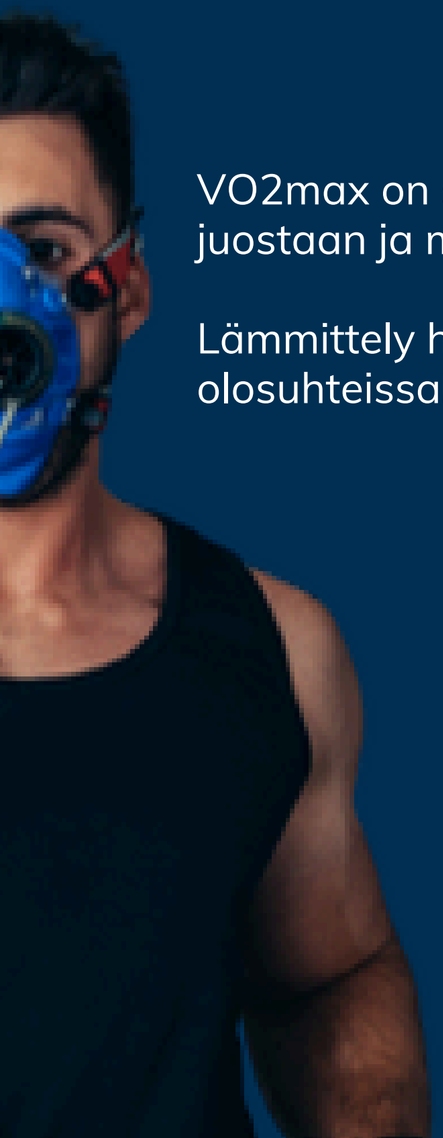


Supistusominaisuudet paranevat kohtalaisella lämmöllä ja heikkenevät korkealla lämmöllä

Lisääntynyt inhibitio (III- ja IV-afferentit)

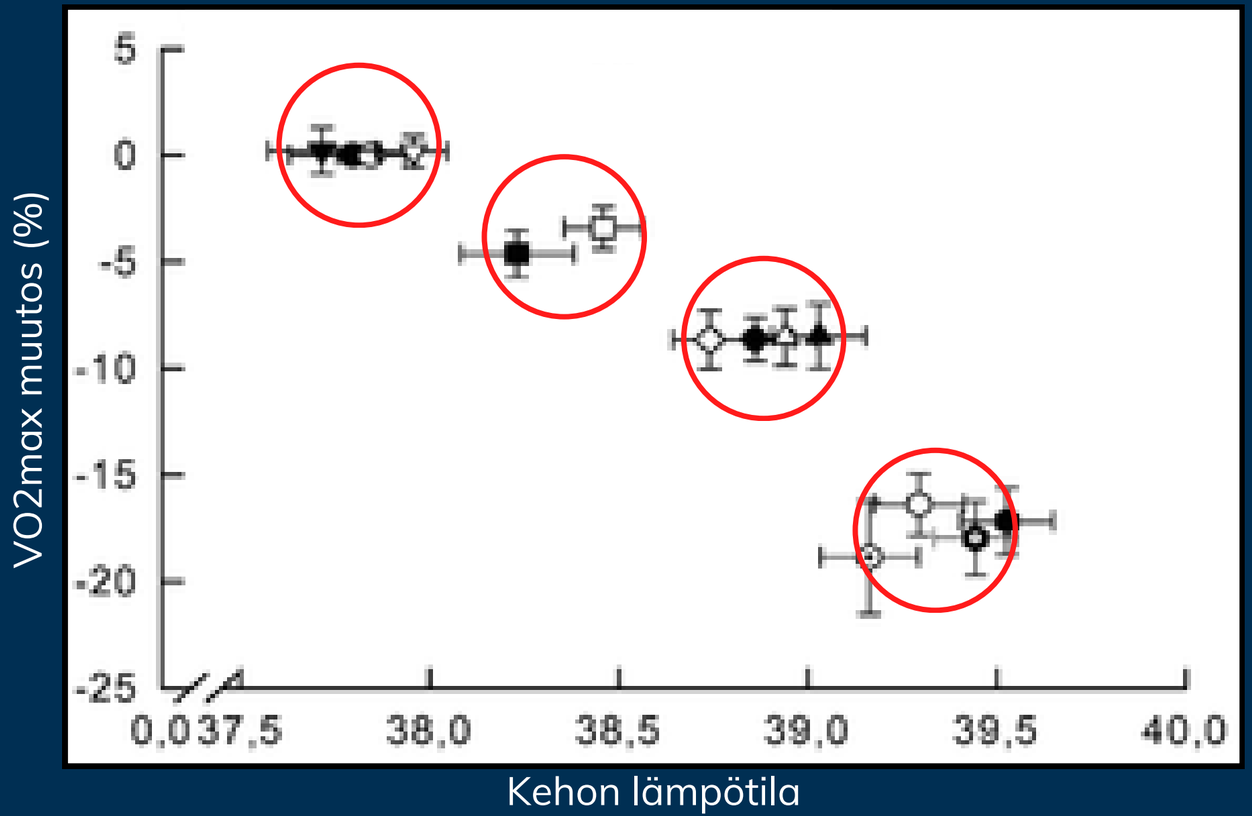
Lisääntynyt hiilihydraattien oksidaatio ja laktaatin tuotto (sekä H^+ sekä $P_{i)}$

KUUMUUDEN VAIKUTUS HAPENOTTOKYKYYN



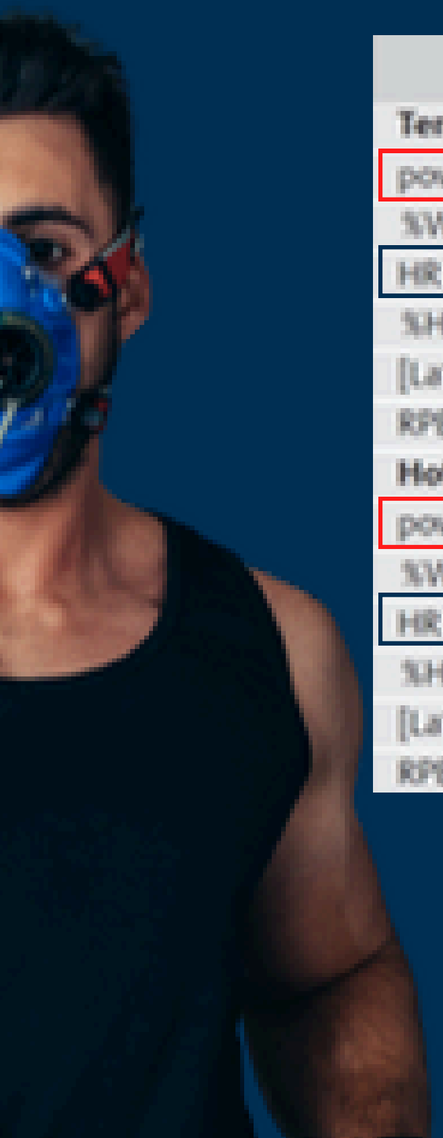
VO2max on sitä heikompi, mitä kuumemmassa juostaan ja mitä korkeampi kehon lämpötila on.

Lämmittely heikensi hapenottokykyä kuumissa olosuhteissa!



Arngrimsson, S., Petitt, D., Borrani, F., Skinner, K., & Cureton, K. (2004). **Hyperthermia and maximal oxygen uptake in men and women.** European Journal of Applied Physiology, 92(4-5). doi:10.1007/s00421-004-1053-1

KUUMUUDEN VAIKUTUS ANAEROBISEEN KYNNYKSEEN



	MLSS
Temperate environment (22°C)	
power output (W)	180 ± 11
$\%W_{peak}$	79 ± 2
HR (bpm)	168 ± 3
$\%HR_{max}$	85 ± 1
[La] (mM)	5.60 ± 0.26
RPE	16 ± 0
Hot environment (40°C)	
power output (W)	148 ± 11#
$\%W_{peak}$	75 ± 3
HR (bpm)	173 ± 3
$\%HR_{max}$	88 ± 2
[La] (mM)	4.22 ± 0.48#
RPE	15 ± 1

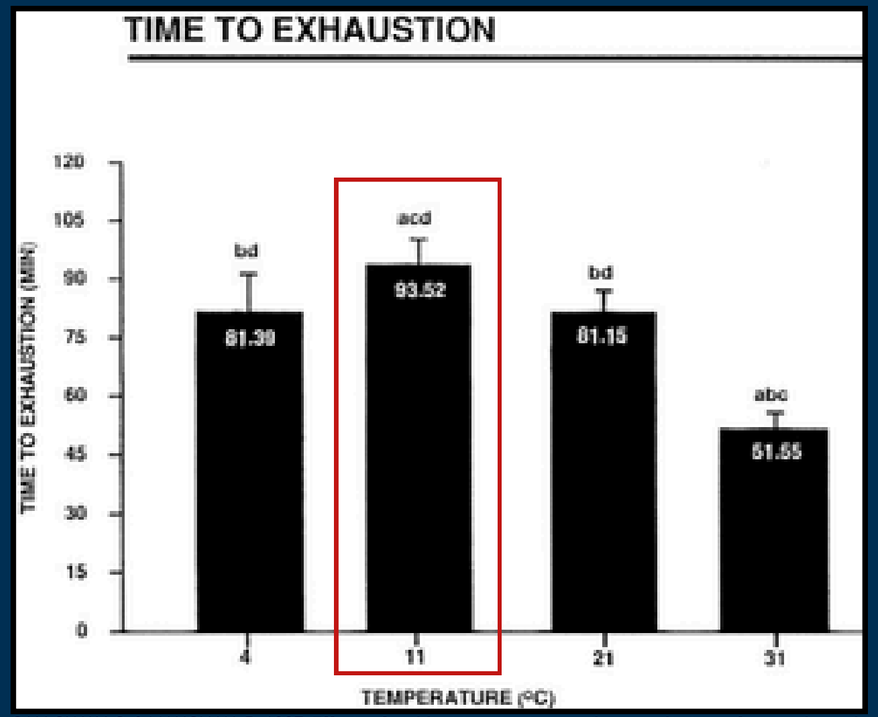
Kynnysvauhdit ja -tehot voivat muuttua lämpötilan muuttuessa, mutta kynnysten syketaajuudet säilyvät melko hyvin eri lämpötiloissa.

- ✅ **Hyödynnä** syketaajuutta harjoitustehojen säätämiseksi, kun se on mahdollista.
- ✅ **Seuraa** ulkoisia mittareita kuten tehoa tai vauhtia suorituskyvyn monitoroimiseksi.
- ✅ **Huomio** erilaiset olosuhteet, kun vertaat suorituksia.

de Barros, C. L., Mendes, T. T., Mortimer, L. Á., Simões, H. G., Prado, L. S., Wisloff, U., & Silami-Garcia, E. 2011. **Maximal lactate steady state is altered in the heat**. International journal of sports medicine, 32(10), 749–753.

KUUMUUDEN VAIKUTUS KESTÄVYYSSUORITUSKYKYYN





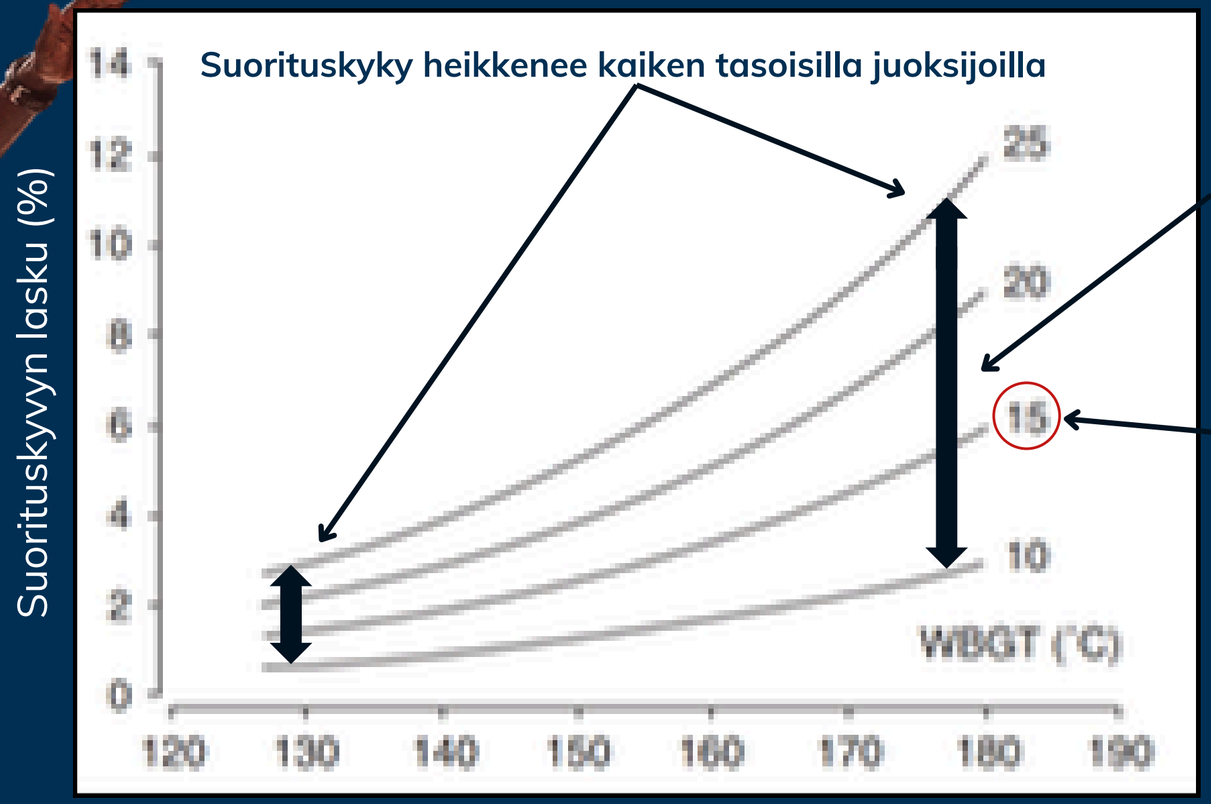
GALLOWAY, S. & MAUGHAN, R. 1997. **Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man.** Medicine & Science in Sports & Exercise 29(9),1240-1249.

Kestävyyssuorituskyky on usein parhaimmillaan viileässä ympäristössä, joka tukee optimaalista lämpötasapainoa intensiivisen liikunnan aikana.

Suorituskykyä parhaiten tukeva ympäristön lämpötila riippuu kuitenkin yksilön ja tehtävän ominaisuuksista.

KUUMUUDEN VAIKUTUS SUORITUSKYKYYN





Montain, S. J., Ely, M. R., & Cheuvront, S. N. (2007). Marathon Performance in Thermally Stressing Conditions. Sports Medicine, 37(4), 320–323.

KUUMUUDEN VAIKUTUS SUORITUSKYKYYN

Polkupyöräkuormitus uupumukseen kahdessa erilaisessa olosuhteessa:

Lämpötila: 15,9 ± 1,2 °C
Suhteellinen kosteus: 55 ± 6 %

vs.

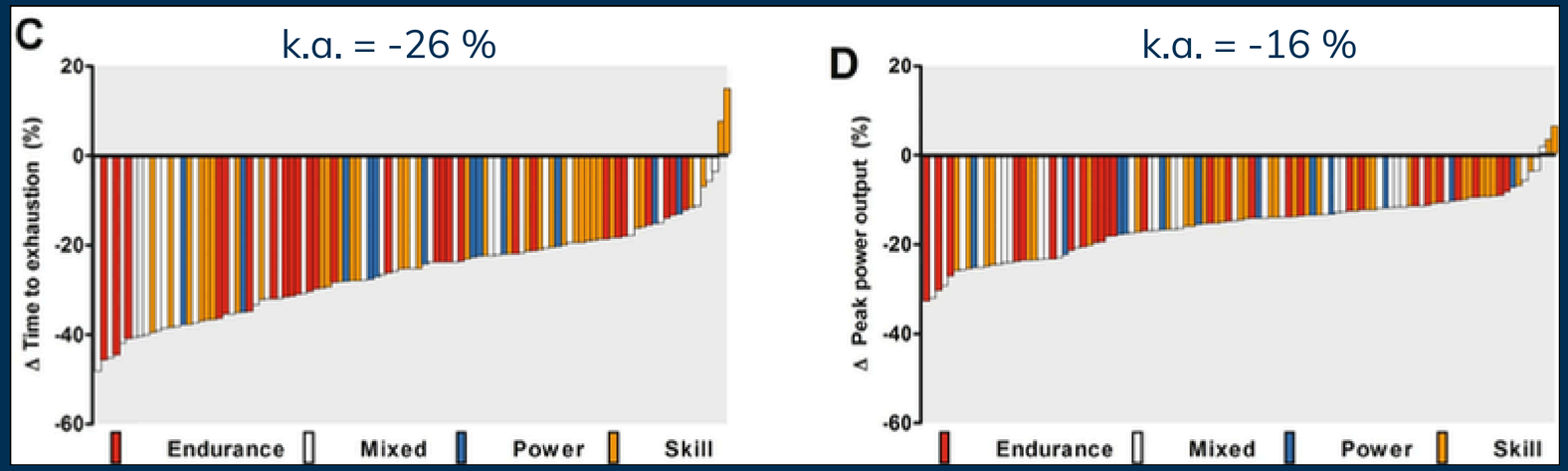
Lämpötila: 31,6 ± 1,0 °C
Suhteellinen kosteus: 74 ± 5 %

Tutkittavat Olympia-tason urheilijoita.

Kuumuus heikensi joidenkin kestävyyssuorituskykyä jopa yli 40 %!

TTE = aika uupumukseen

huipputeho

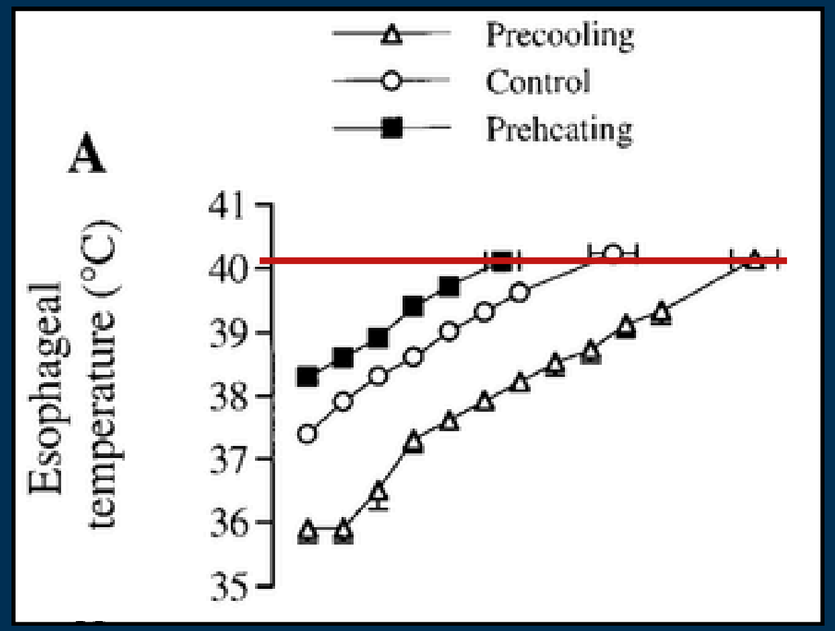


De Korte ym. 2021. Exercise Performance and Thermoregulatory Responses of Elite Athletes Exercising in the Heat: Outcomes of the Thermo Tokyo Study

Kuormitusprotokollan vaikutus? (TT, TTE)

KRIITTINEN YDINLÄMPÖTILA

On esitetty, että keskushermoston suojamekanismit pyrkivät estämään kehon lämpötilan liiallisen nousun uupumuksella (ei lämpöuupumuksella). Uupumus tapahtuu, kun kehon ydinlämpötila nousee riittävän korkeaksi. (~40°C?)

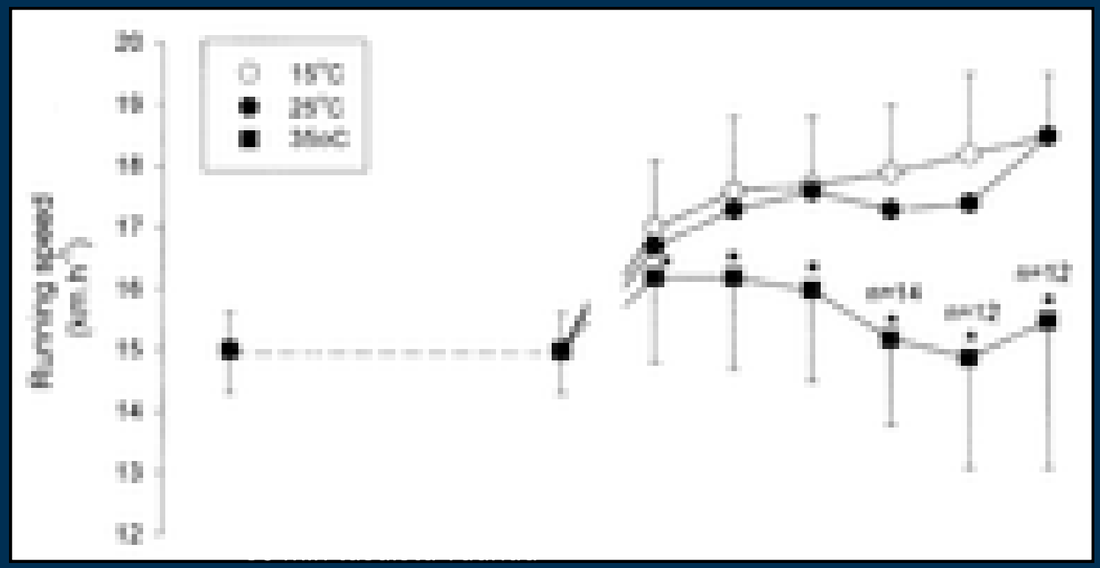


González-Alonso, J., Teller, C., Andersen, S. L., Jensen, F. B., Hyldig, T., & Nielsen, B. (1999). **Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat**. Journal of Applied Physiology, 86(3), 1032–1039.

KRIITTINEN YDINLÄMPÖTILA

Useimmiten kuitenkin säädämme työtehoa siten, että kykenemme jatkamaan työskentelyä ja minimoimaan lämpöuupumuksen riskin.



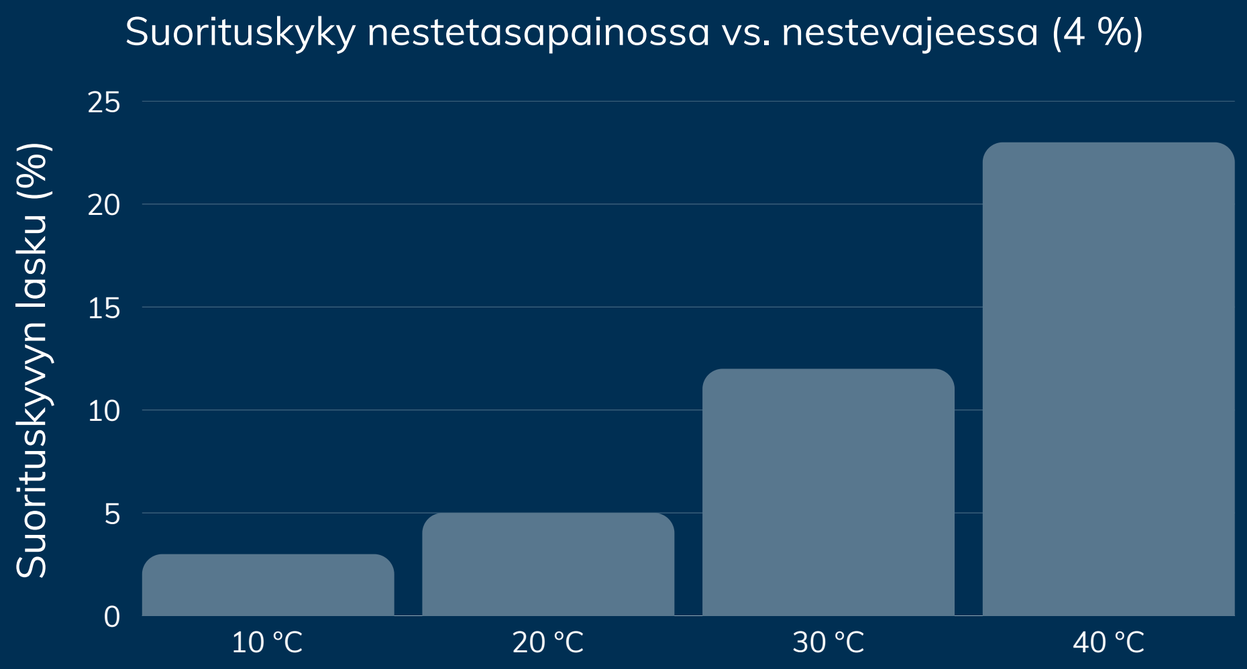


Marino, F. E., Mbambo, Z., Kortekaas, E., Wilson, G., Lambert, M. I., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (2000). **Advantages of smaller body mass during distance running in warm, humid environments.** Pflugers Archiv European Journal of Physiology, 441(2-3), 359–367.

KUUMUUS JA DEHYDRAATIO

Dehydraatio, hypohydraatio, nestehukka, nestevaje...

Dehydraatio heikentää erityisesti kestävyyssuorituskykyä ja erityisesti kuumissa olosuhteissa (ja erityisen erityisesti time-to-exhaustion -suorituksissa).

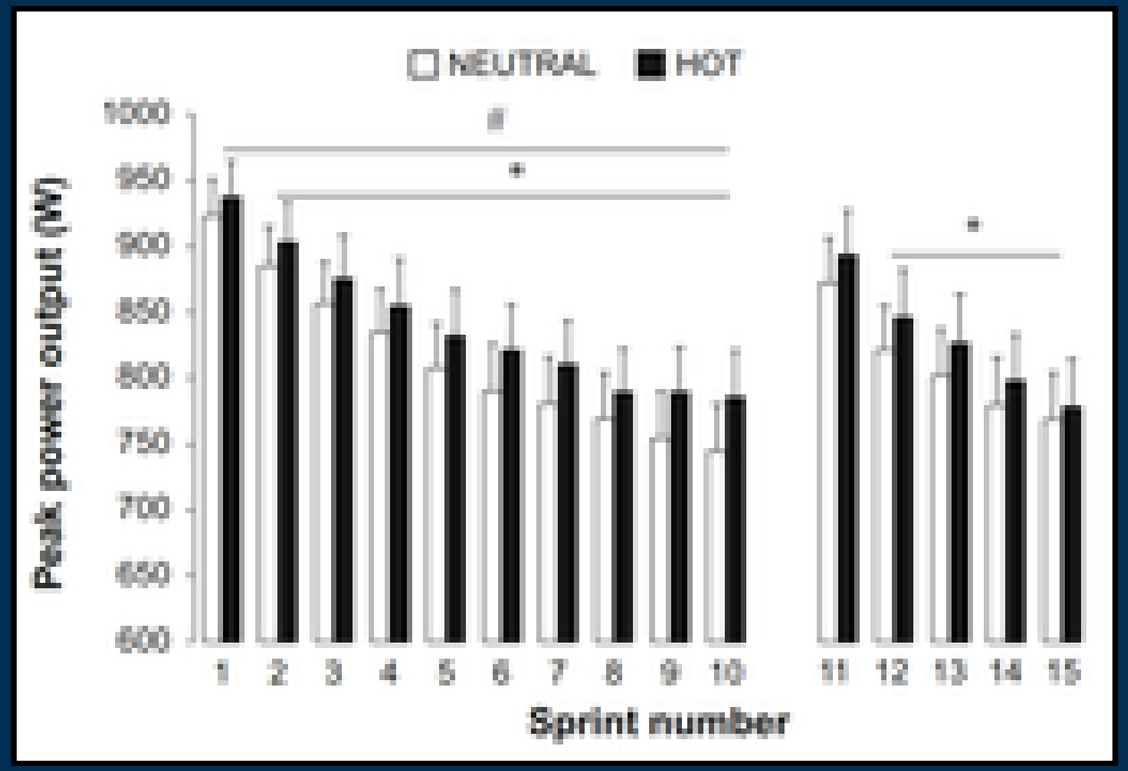




Kenefick, R. W., Cheuvront, S. N., Palombo, L. J., Ely, B. R., & Sawka, M. N. (2010). **Skin temperature modifies the impact of hypohydration on aerobic performance.** Journal of Applied Physiology, 109(1), 79–86.

KUUMUUDEN VAIKUTUS VOIMAAN JA TEHOON

Lihaksen lämpötilan noustessa, nousevat usein myös lihaksen voimantuotto-ominaisuudet (voima, teho).



Girard, O., Bishop, D. J., & Racinais, S. 2012. **Hot conditions improve power output during repeated cycling sprints without modifying neuromuscular fatigue characteristics.** European Journal of Applied Physiology, 113(2), 359–369.



KUUMUUDEN VAIKUTUS VOIMAAN JA TEHOON

Voimakestävyys ja maksimivoima kärsivät usein ensin, mutta nopeusominaisuudet voivat säilyä hyvin kuumassakin ympäristössä.

Table 3. Changes in muscular strength, endurance, and power in normothermic and hyperthermic conditions.†

Parameter	Normothermic	Hyperthermic
Bench press strength (kg)	111.2 ± 6.3	111.4 ± 6.4
Bench press endurance (reps)	9.5 ± 0.7	8.0 ± 0.7*
Leg press strength (kg)	237.5 ± 13.9	227.7 ± 13.5*
Leg press endurance (reps)	12.0 ± 0.7	8.5 ± 0.5*
VJ (cm)‡	45.1 ± 2.7	46.5 ± 2.7*



KUUMUUS JA DEHYDRAATIO

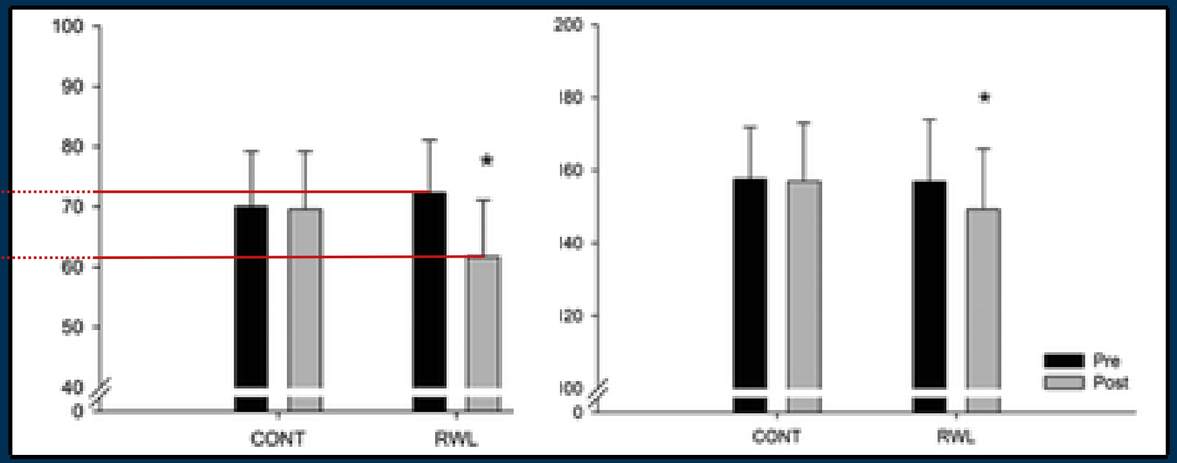
Voimalajeissakaan ei olla turvassa dehydraation vaikutuksilta. Kuumuuden lisäksi huomioitavaa painonvedossa.

Jo alle 2 % nestevaje (nestevajeesta johtuva kehonpainon muutos) voi heikentää maksimaalista voimantuottoa.

Usein nestevaje ei näissä lajeissa muodostu kuitenkaan suorituksen aikana.

Ei nestevajetta

Nestevaje



CONT: verrokki, RWL: Rapid Weight-Loss / nestevaje



Wilson, G., Hawken, M. B., Poole, I., Sparks, A., Bennett, S., Drust, B., ... Close, G. L. (2013). **Rapid weight-loss impairs simulated riding performance and strength in jockeys: implications for making-weight.** Journal of Sports Sciences, 32(4), 383–391.

NESTEYTYS

Määrä

Janon mukaan juominen vaikuttaisi riittävän myös kuumissa oloissa tehtyjen kovatehoisten suoritusten aikana, mutta janon mukaan juomistakin voidaan tukea. Joskus myös nesteytyssuunnitelman tekeminen voi olla tarkoituksenmukaista. Janon mukaan juominen ehkäisee tehokkaasti hyponatremiaa. Urheilun jälkeen normaali ruokailu ja juominen palauttaa nestetasapainon. Nopeaan palautukseen juodaan 150 % menetetystä painosta.

Hiilihydraatit

Esim. glukoosin ja fruktoosin yhdistelmä. Pitoisuus 4-8 %. Hiilihydraatti parantaa imeytyvyyttä sekä korvaa menetettyä hiilihydraattia, mutta voi hidastaa mahalaukun tyhjenemistä.

Lämpötila

Viileillä (~10 C°) juomilla voidaan lisätä nesteen nauttimista. Kylmiä juomia ja jäähilejuomia voidaan käyttää lisäksi kehon viilentämiseen.



Suolat

25-50 mmol/L natriumia (1,5-3 g/L ruokasuolaa), hieman magnesiumia ja kaliumia. Suolan lisäys parantaa nesteen imeytymistä ja ehkäisee hyponatremiaa. Voi ylläpitää janon tunnetta.

Maku

Maustamisella voidaan parantaa maistuvuutta ja mahdollisesti lisätä nesteen nauttimista.

Kokeile uusia juomakoostumuksia harjoituksissa ennen kisakäyttöä

Burdon, C. A., Johnson, N. A., Chapman, P. G., & O'Connor, H. T. (2012). **Influence of beverage temperature on palatability and fluid ingestion during endurance exercise: a systematic review.** International journal of sport nutrition and exercise metabolism, 22(3), 199–211.

Pérez-Castillo, Í. M., Williams, J. A., López-Chicharro, J., Mihic, N., Rueda, R., Bouzamondo, H., & Horswill, C. A. (2023). **Compositional Aspects of Beverages Designed to Promote Hydration Before, During, and After Exercise: Concepts Revisited.** Nutrients, 16(1), 17.

LÄMPÖSAIRAUDET

1 LÄMPÖKRAMPIT
Runsasta hikoilua, kouristuksia paikallisesti (usein alaraajoissa), kova jano.

2 AURINGONPISTOS
Päänsärkyä ja pahoinvointia suorassa auringon paahteessa.

3 LÄMPÖPYÖRTYMINEN
Äkillinen pyörtyminen kuuma-altistuksen alussa.

4 LÄMPÖUUPUMINEN
Heikotus, huimaus, pahoinvointi, oksentelu, ärtyneisyys, levottomuus, lihasheikkous, nopea syketaajuus, janon tunne voi olla vähäinen, peräsuolilämpö yli 38°C.

5 LÄMPÖHALVAUS
Hikoilu voi olla erittäin runsasta tai se voi lakata kuumasta huolimatta, tajunnan tason lasku, kouristelu, sekavuus, peräsuolilämpö yli 40°C.



ENSIAPU

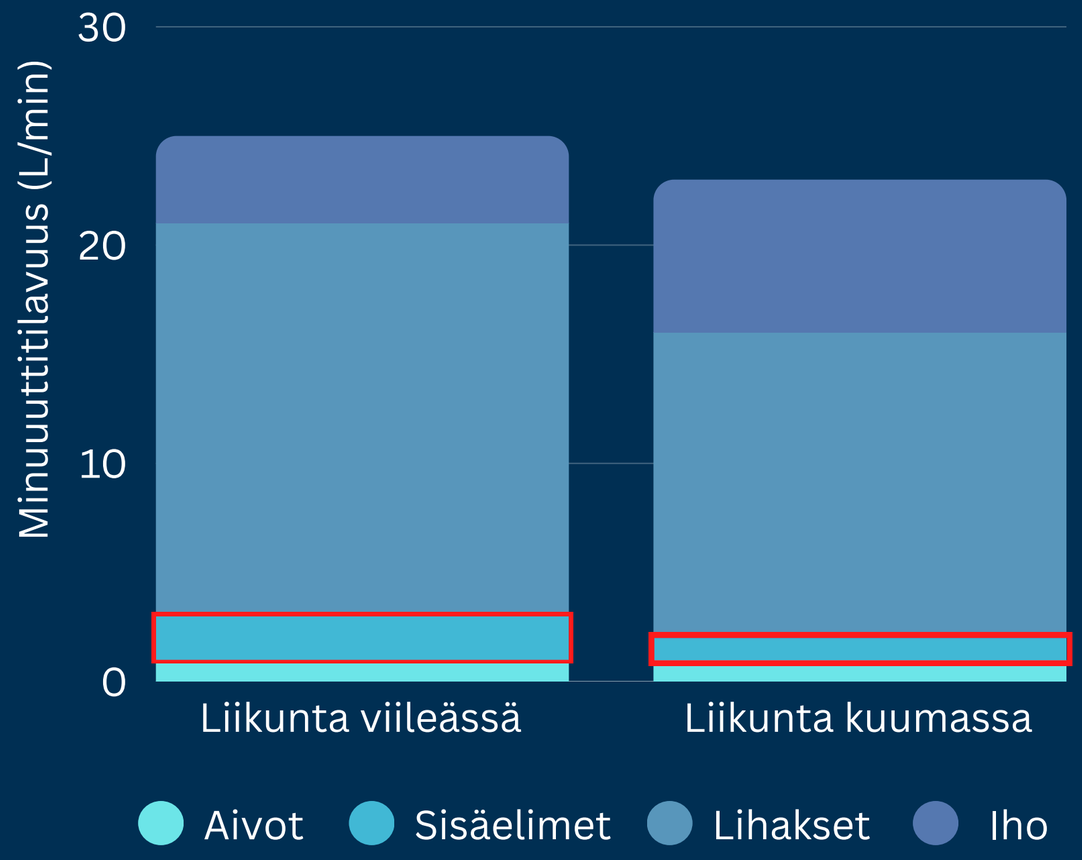
Keskeytä rasitus ja siirrä potilas pois suorasta paahteesta. Viilennä välittömästi esimerkiksi viileällä vedellä tai ilmavirtaa lisäämällä. Tajuissaan olevalle ei-oksentelevalle voidaan antaa vettä tai nestekorvaukseen tarkoitettuja viileitä nesteitä juotavaksi. Muutoin suonensisäinen nesteytys viileällä liuoksella. Mittaa peräsuolilämpö, ja järjestä jatkohoito.

LÄMPÖSAIRAUDET

LEAKY GUT – MARATOONARIN ERIKOINEN

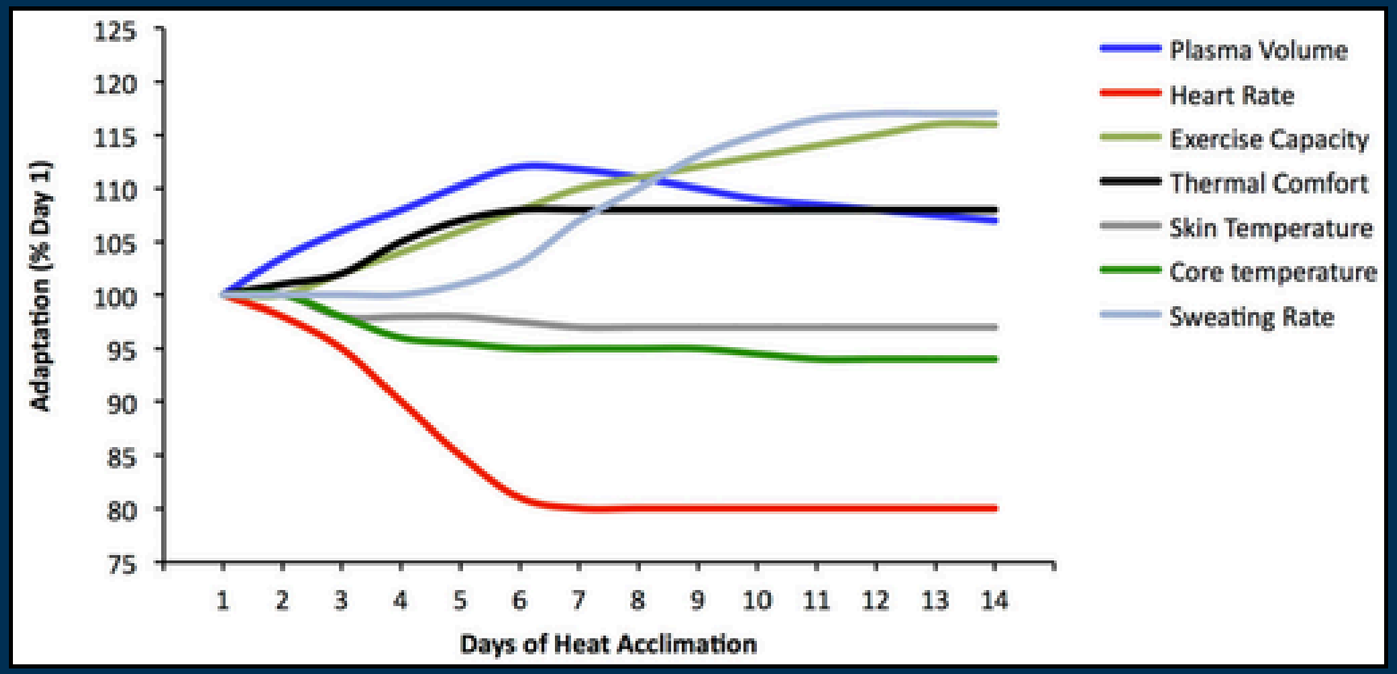
Verenkiertoa ohjataan kuumassa liikunnan aikana iholle ja lihaksille sisäelinten verenkierron kustannuksella. Paikallinen iskemia suolistossa lisää sen seinämien läpäisevyyttä ja voi aiheuttaa esimerkiksi pahoinvointia ja ripulia.





LÄMPÖSOPEUTUMINEN

Kuumuuden haittoja voidaan lieventää toistuvan ja pitkäkestoisen kuuma-altistuksen avulla, sillä se synnyttää fysiologisia adaptaatioita, jotka parantavat kuumansietokykyä ja suorituskykyä kuumassa sekä pienentävät lämpösairauksien riskiä.

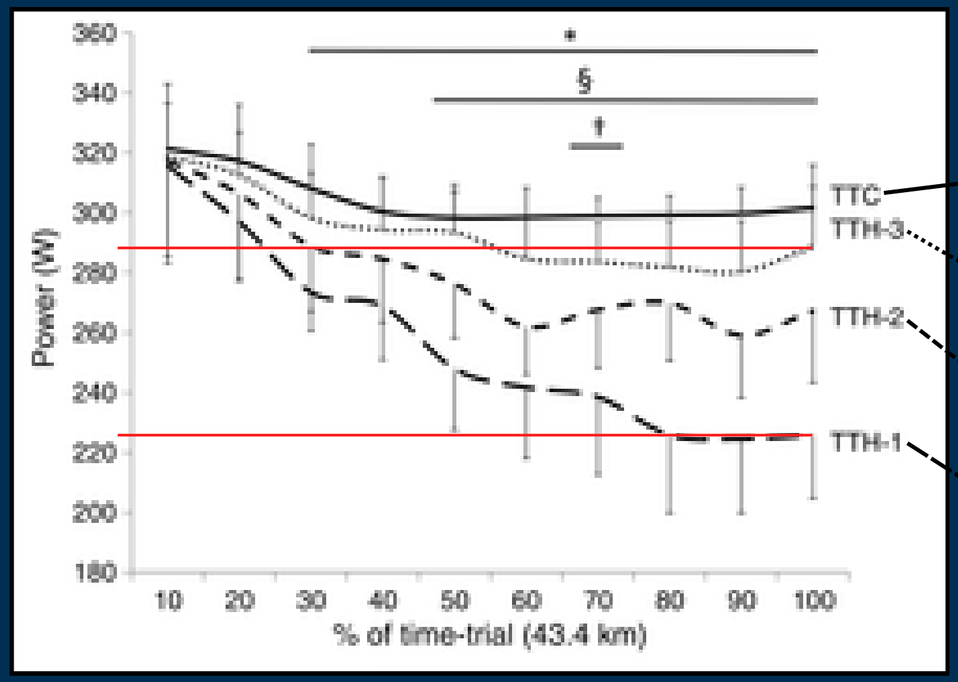




Périard, J. D., Racinais, S., & Sawka, M. N. (2015). **Adaptations and mechanisms of human heat acclimation: Applications for competitive athletes and sports.** Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 25, 20–38.

LÄMPÖSOPEUTUMINEN

Täysi lämpösopeutuminen vaatii yleensä noin kaksi viikkoa päivittäistä lämpöaltistusta. Osa fysiologisista adaptaatioista voidaan saada tätä nopeammin, ja lyhyemmästäkin sopeutumisesta on hyötyä.



Viileässä

Kuumassa (n. 37 °C) - 14 päivän sopeutuminen

Kuumassa - 6 päivän sopeutuminen

Kuumassa - ei sopeutumista

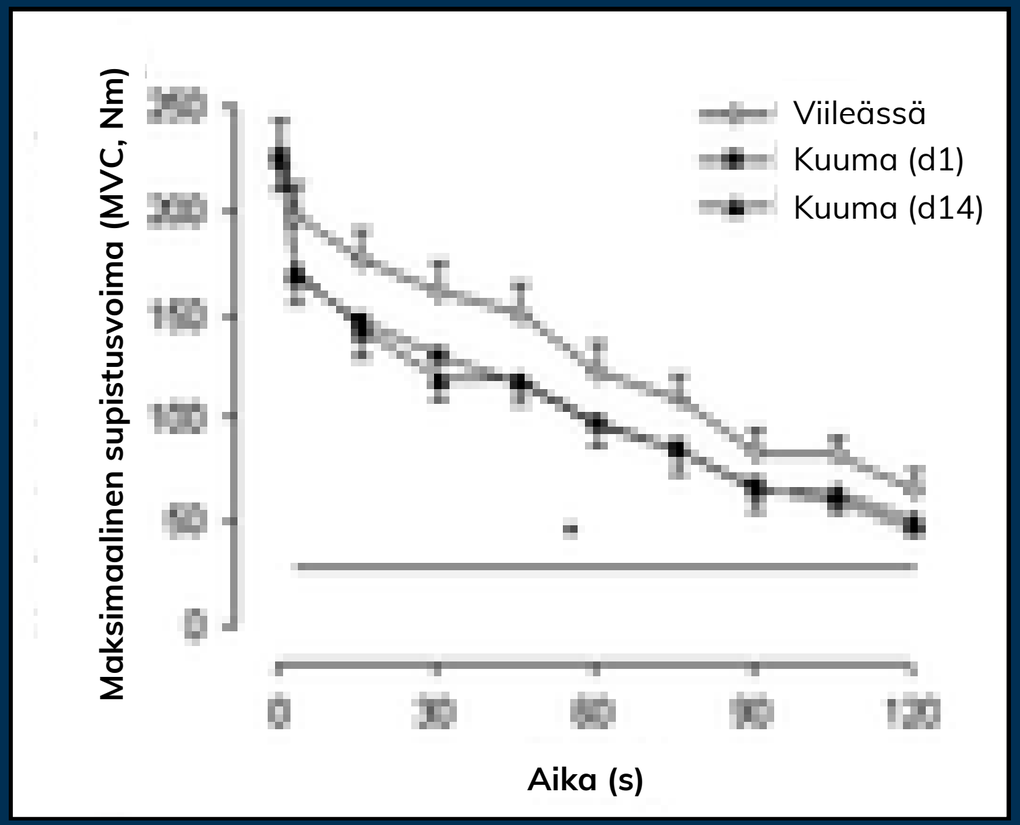
TTC: 66 min, **TTH-1:** 77 min
16,7 % ero



Racinais, S., Périard, J. D., Karlsen, A., & Nybo, L. (2015). **Effect of Heat and Heat Acclimatization on Cycling Time Trial Performance and Pacing.** Medicine & Science in Sports & Exercise, 47(3), 601–606.

LÄMPÖSOPEUTUMINEN

Sopeutumisesta ei välttämättä ole kuitenkaan hyötyä maksimivoimalle tai voimakestävyydelle.



Voimantuotto laskee nopeammin kuumassa, eikä sopeutumisella ollut vaikutusta.



Brazaitis, M., & Skurvydas, A. (2010). **Heat acclimation does not reduce the impact of hyperthermia on central fatigue.** European Journal of Applied Physiology, 109(4), 771–778. doi:10.1007/s00421-010-1429-3

LÄMPÖSOPEUTUMISMENETELMÄT

AKTIIVISET



Omatahtinen harjoittelu

Helppo toteuttaa kenttäolosuhteissa. Työteho voi vaihdella, mutta pyri harjoittelemaan 60—90 minuuttia 30—40 °C:ssa.

Syketaajuden mukaan harjoittelu

Liiku tavoitesykkeellä (esim. 65 % maksimista) 60—90 minuuttia 30—40 °C:ssa.

Ydinlämmön mukaan harjoittelu

Harjoittele, kunnes tavoiteydinlämpötila on saavutettu (usein 38,5 °C). Säädä tehoja, ja pyri säilyttämään ydinlämpötilan taso 60—90 minuuttia 30-40 °C ympäristön lämpötilassa.

PASSIIVISET

Passiivinen lämmitys

Käytä saunaa (70—80 °C) tai kuumaa kylpyä (40 °C) ihon ja ydinlämpötilan nostamiseksi. 30—40 minuutin altistusaika on usein riittävä vasteiden saamiseksi. Ydinlämmön seurantaa voidaan hyödyntää myös passiivisten menetelmien aikana altistuksen monitoroimiseksi.

Post-Exercise Heating

Käytä saunaa (70—80 °C) tai kuumaa kylpyä (40 °C) ihon ja ydinlämpötilan nostamiseksi liikunnan jälkeen. 20—40 minuutin altistusaika on usein riittävä vasteiden saamiseksi.



Akklimaatiolla ja akklimatisaatiolla voidaan saada samankaltaiset hyödyt suorituskyvylle!

LÄMPÖSOPEUTUMISMENETELMÄT

Sopeutumisjakson ajoitus



VKO1	VKO2	VKO3	VKO4	COMPETITION
Tavallinen harjoittelu		2 viikkoa sopeutumista ennen kisaa		
2 viikko sopeutumista		Ylläpito 1-3 altistuksella viikossa		
2 viikkoa sopeutumista		Tavallinen harjoittelu	Reakklimaatio	

Parhaat tulokset saadaan, kun löydetään tasapaino suorituskykyisyyden, käytännön rajoitteiden ja urheilijan yksilöllisten vaatimusten välillä.

Lämpöharjoittelun voi sisällyttää myös osaksi vuotuista harjoittelua.

VIILENNYSMENETELMÄT



- Veden lämpötila 20–25 °C, kesto 45–60 min
- Hyvin kylmä vesi (<15 °C) voi nopeuttaa viilennystä, mutta ei välttämätöntä
- Upottaminen rintakehään/kaulaan asti
- Varaa aikaa lämmittelylle upotuksen jälkeen (lihasten lämpötila)
- Harjoittele / testaa etukäteen ennen kilpailua
- Tehokkain esiviillennysmenetelmä



- Tehostaa lämmönpoistoa konvektiolla ja hien haihtumista
- Kuivassa kuumuudessa vaikutus merkittävä
- Kosteassa teho heikkenee, kun hien haihtuminen vähenee
- Kuivassa ja kuumassa yhdistä vesisuihkeeseen → suurempi jäähdytysvaikutus



- Laskevat hyvin ydinlämpötilaa ilman lihasten suoraa viilentämistä
- Voi käyttää usein vielä lämmittelyn aikana starttiin asti
- Viilennyselementtien vaihto ylläpitää tehoa
- Harjoittele käyttöä etukäteen (istuvuus, mukavuus, ajoitus)



- Jäähilejuoma tehokkaampi kuin kylmä juoma
  - Sulaminen sitoo 3 × enemmän lämpöä kuin kylmän veden lämmittäminen
- Yleisohje: ~7 g/kg ennen suoritusta (pienissä erissä)
- Pieniä annoksia voi käyttää myös suorituksen aikana
- Harjoittele etukäteen → sietokyky (vatsaoireet / ”brain freeze”)



- Käytetään kahta tai useampaa menetelmää (esim. jäähilejuoma + jäähdytysliivi)
- Voi tarjota tehokkaamman jäähdytyksen
- Vaatii huolellista suunnittelua ja harjoittelua

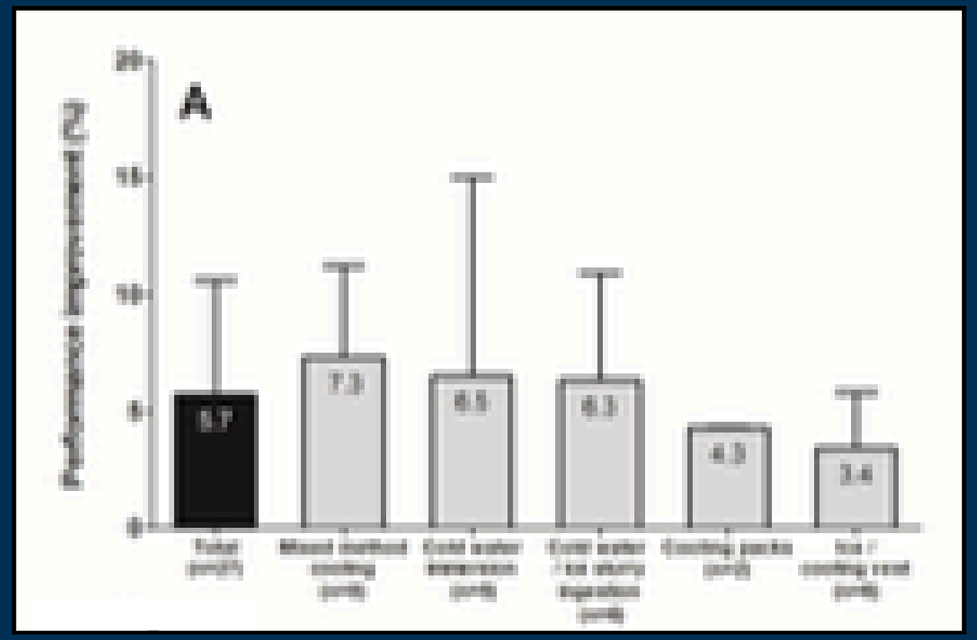


ÄLÄ VIILENNÄ LIIKAA!

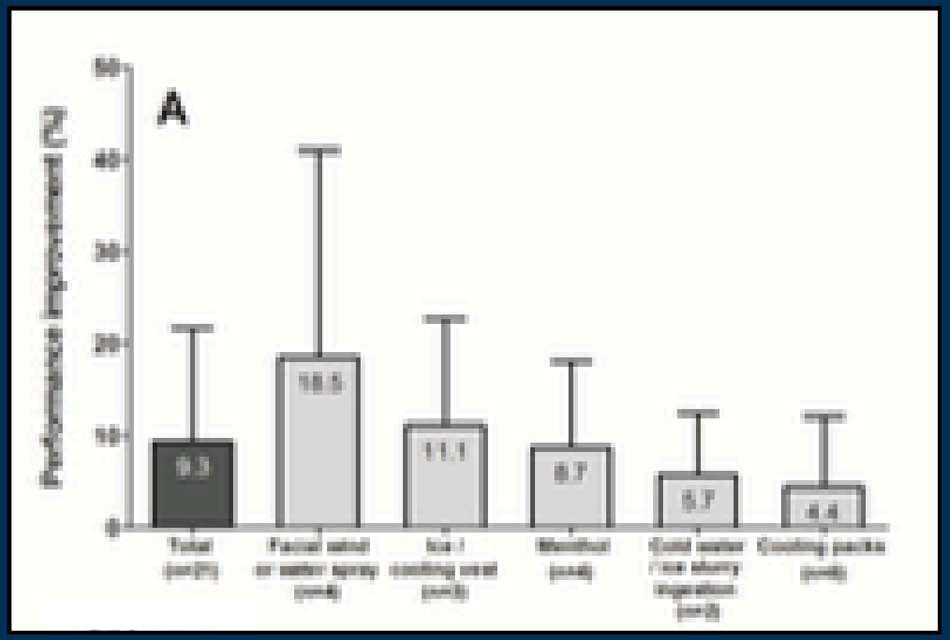
VIILENNYSMENETELMÄT

Ennen suoritusta vai sen aikana?

PRE-COOLING



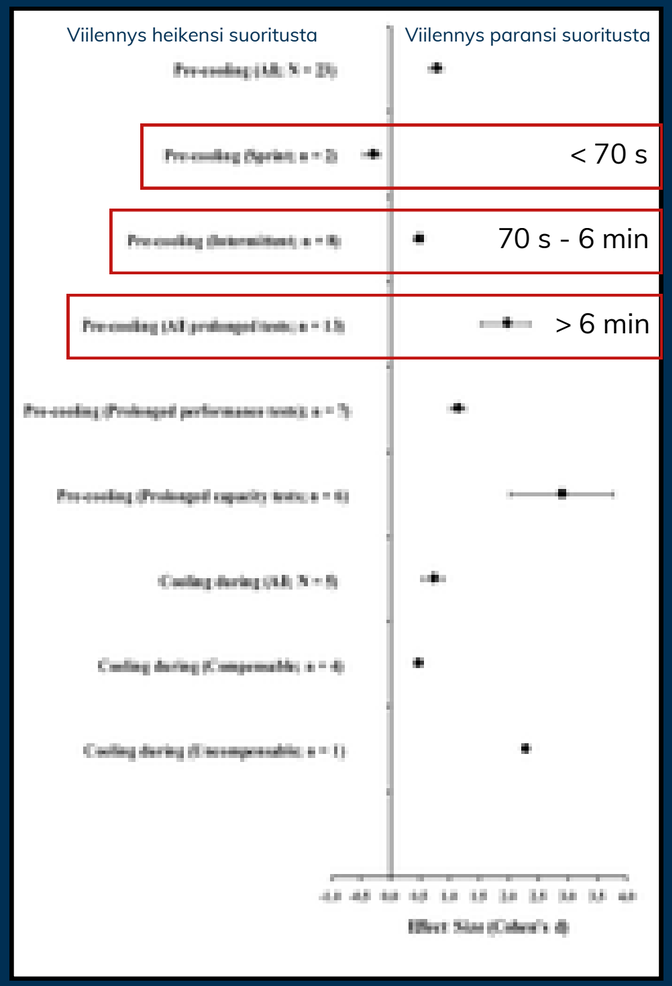
PER-COOLING



Bongers, C. C. W. G., Hopman, M. T. E., & Eijsvogels, T. M. H. 2017. Cooling interventions for athletes: An overview of effectiveness, physiological mechanisms, and practical considerations. Temperature (4)1, 60—78.

VIILENNYSMENETELMÄT

Viilennä tarpeen mukaan



Tyler, C. J., Sunderland, C., & Cheung, S. S. (2013). **The effect of cooling prior to and during exercise on exercise performance and capacity in the heat: a meta-analysis**. British Journal of Sports Medicine, 49(1), 7–13.

Viilennyksen tarpeen määrittää ympäristön lämpötilan lisäksi lajin vaatimukset.

Erityisesti työskentelevien lihasten suora viilennys voi heikentää suorituskykyä kovatehoisissa ja lyhytkestoisissa lajeissa.



VIILENNYSMENETELMÄT

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Thermal Biology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jtherbio

Assessment of the Omius™ cooling headband effectiveness during a 70-min submaximal running effort followed by a 5-km time-trial in hot/humid conditions

Antoine Jolicoeur Desroches [a], Fedi Aloui [a], Thomas A. Deshayes [b,c], Eric D.B. Goulet [a,d,*]

[a] Faculty of Physical Activity Sciences, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada
[b] School of Kinesiology and Exercise Science, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada
[c] Montreal Heart Institute, Montréal, Québec, Canada
[d] Research Centre on Aging, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada



Ei vaikutusta:
-ydinlämpöön
-suorituskykyyn
-kokonaislämpömukavuuteen
-koettuun kuormittavuuteen
-syketaajuuteen

Vaikutti:
-otsan lämpötilaan kuormituksen alussa (70 min)
-otsan lämpömukavuuteen kuormituksen alussa

KYLMÄ



LIIKUNTA KYLMÄSSÄ



“LÄMPÖVIESTIEN” INTEGROINTI

LÄMMÖNSÄÄTELYVASTEET

1. Verenkierto iholla ja kehon ääreisosissa vähenee
2. Lihasvärinä alkaa lämmöntuoton lisäämiseksi
3. Muutokset käytöksessä kuten aktiivisuuden lisääminen

- Ihon lämpötilan lasku
- Ydinlämpötilan lasku
- Lihas- ja elinlämpötilojen lasku



Laskimopaluu lisääntyy, iskutilavuus kasvaa, syketaajuus laskee (max ja submax)

Huonompi taloudellisuus ja suurempi hapenkulutus (submax)

Verenpaineen nousu, hypohydraation sieto paranee

LIIKUNTA KYLMÄSSÄ



“LÄMPÖVIESTIEN” INTEGROINTI

LÄMMÖNSÄÄTELYVASTEET

1. Verenkierto iholla ja kehon ääreisosissa vähenee
2. Lihasvärinä alkaa lämmöntuoton lisäämiseksi
3. Muutokset käytöksessä kuten aktiivisuuden lisääminen

- Ydinlämpötilan lasku
- Ihon lämpötilan lasku
- Lihas- ja elinlämpötilojen lasku



Heikentynyt kognitio (muisti, reaktionopeus, keskittymiskyky)

Heikentynyt hienomotoriikka

LIIKUNTA KYLMÄSSÄ



“LÄMPÖVIESTIEN” INTEGROINTI

LÄMMÖNSÄÄTELYVASTEET

1. Verenkierto iholla ja kehon ääreisosissa vähenee
2. Lihasvärinä alkaa lämmöntuoton lisäämiseksi
3. Muutokset käytöksessä kuten aktiivisuuden lisääminen

- Ihon lämpötilan lasku
- Ydinlämpötilan lasku
- Lihas- ja elinlämpötilojen lasku



Lihasvärinä (ja BAT) lisää lämmöntuotantoa ja energiankulutusta

Heikompi voimantuotto, suurempi EMG-amplitudi, voima-nopeuskäyrän siirtymä

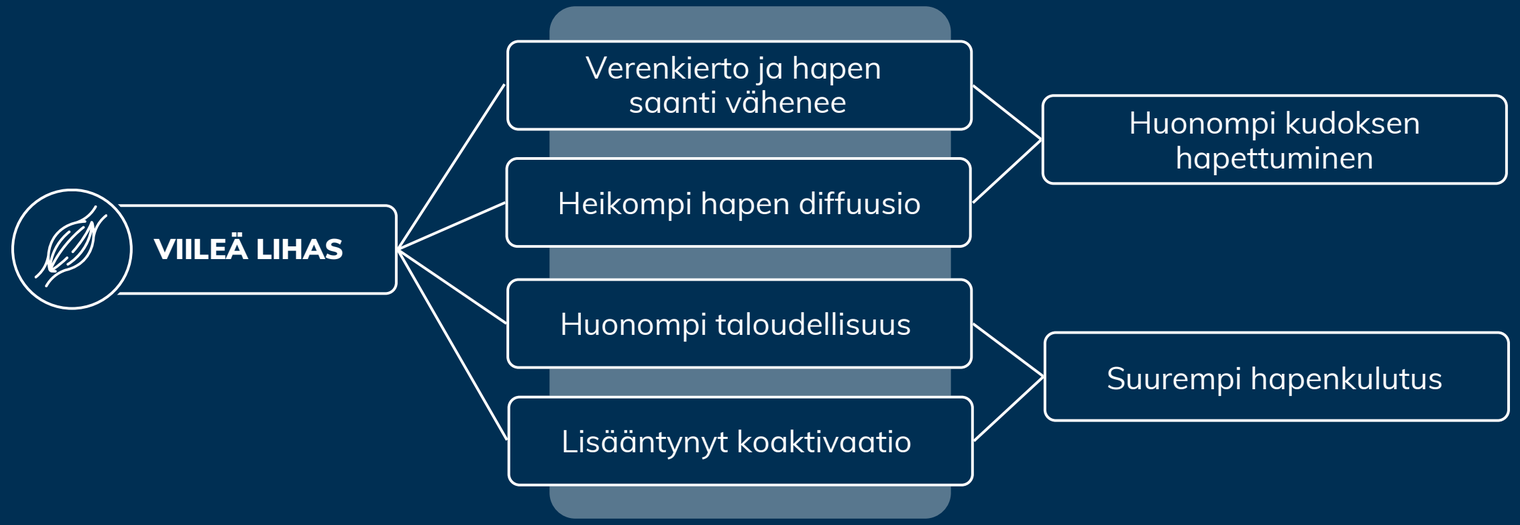
Lisääntynyt rasvojen oksidaatio rasituksessa

Vasokonstriktio / vähäisempi hapen saatavuus ja heikompi taloudellisuus

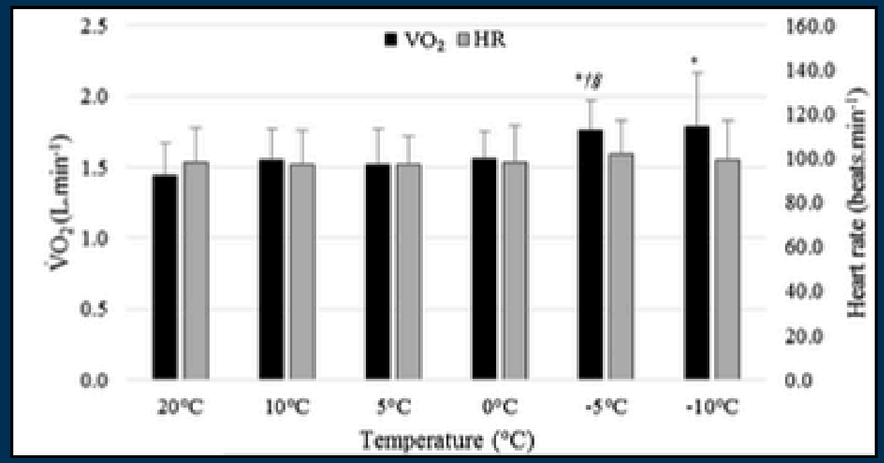
Kylmässä ei ole aina kylmää! Pukeutuminen ja fyysinen aktiivisuus määrittävät lopputuloksen.

KYLMYYDEN VAIKUTUS SUORITUSKYKYYN

VO_2max ei juuri muutu kylmässä, mutta hapenkulutus submaksimaalisessa kuormituksessa nousee lihastyön hyötysuhteen laskiessa (vVO_2max voi laskea).

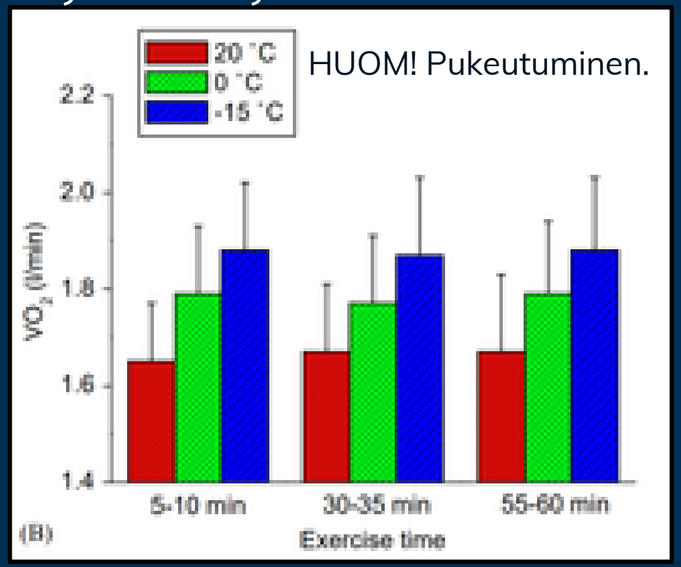


Kävelyä taakalla ja ilman



Hinde K, Lloyd R, Low C, Cooke C. 2017 **The effect of temperature, gradient, and load carriage on oxygen consumption, posture, and gait characteristics.** Eur J Appl Physiol. 117(3):417-430.

Työskentely 50 % VO2max:sta



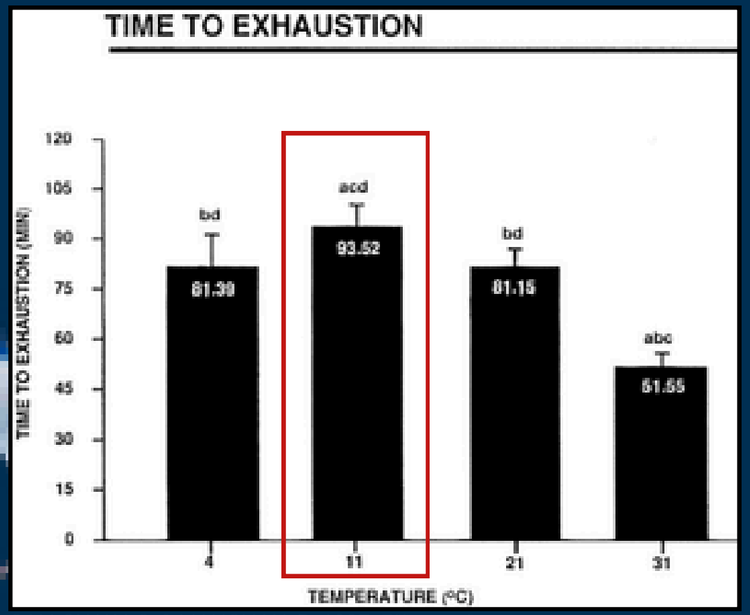
Oksa, J., Kaikkonen, H., Sorvisto, P., Vaappo, M., Martikkala, V., & Rintamäki, H. (2004). **Changes in maximal cardiorespiratory capacity and submaximal strain while exercising in cold.** Journal of Thermal Biology, 29(7-8), 815–818.

KYLMYYDEN VAIKUTUS SUORITUSKYKYYN

Kestävyyssuorituskyky on usein parhaimmillaan viileässä ympäristössä, missä kehon lämpötilan nousu pysyy maltillisena. Ympäristön lämpötila ei ole kuitenkaan ainoa muuttuja.

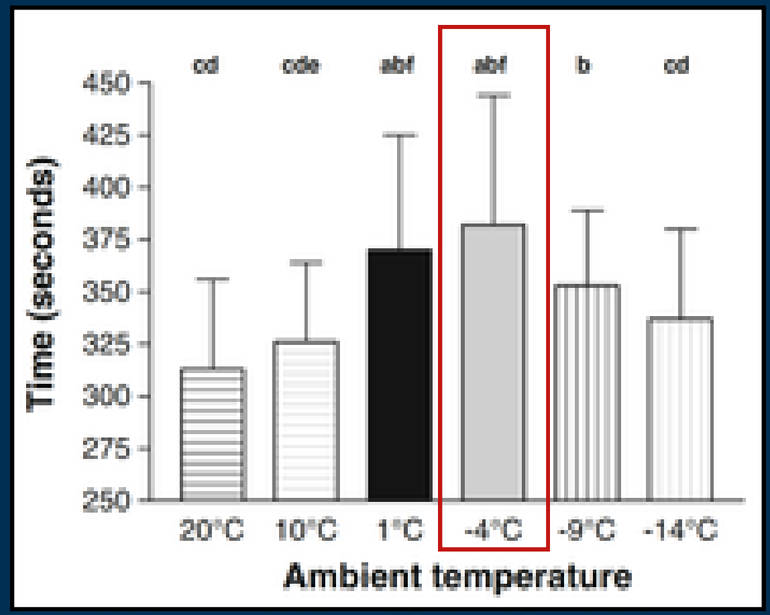


Tutkittavat pukeutuneena shortseihin ja t-paitaan.



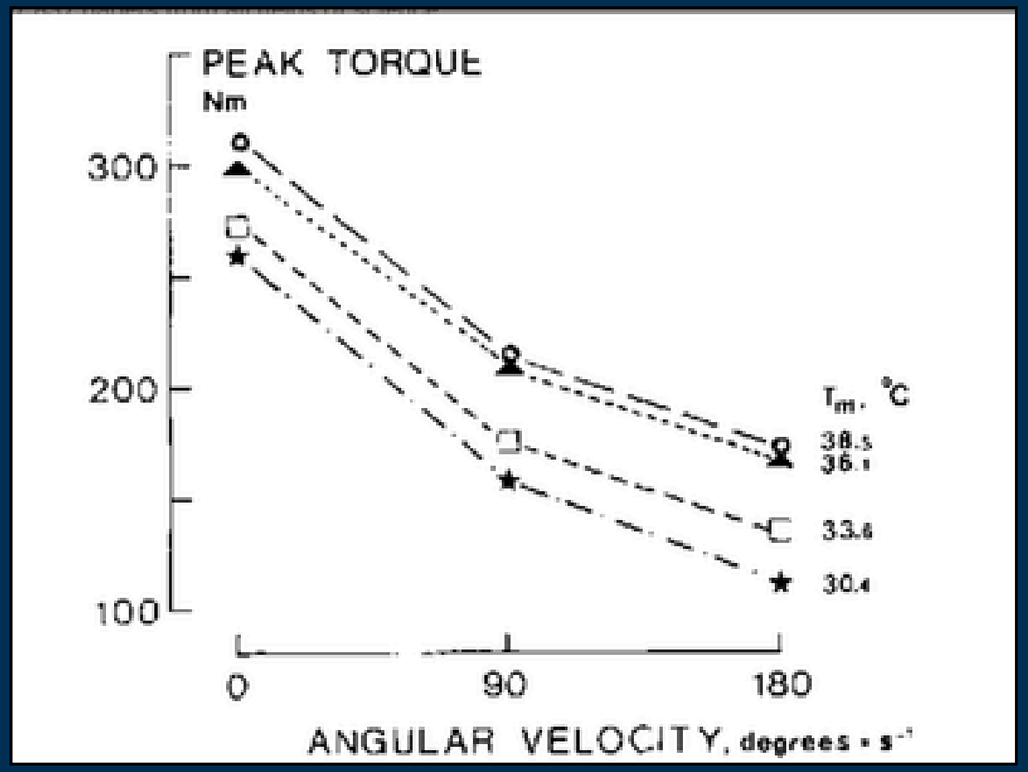
GALLOWAY, S. & MAUGHAN, R. 1997. **Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man**. Medicine & Science in Sports & Exercise 29(9),1240-1249.

Tutkittavat pukeutuneena hiihtoasuun ja pitkään alusasuun.



Sandsund, M., Saursaunet, V., Wiggen, Ø., Renberg, J., Færevik, H., & van Beekvelt, M. C. P. (2012). **Effect of ambient temperature on endurance performance while wearing cross-country skiing clothing**. European Journal of Applied Physiology, 112(12), 3939–3947.

KYLMYYDEN VAIKUTUS SUORITUSKYKYYN



Yhden °C lasku lihaksen lämpötilassa tuotti noin 2 % laskun maksimaalisessa voimantuotossa.



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.

KYLMYYDEN RISKIT



1. PALELTUMAT JA HIENOMOTORIIKAN HEIKKENEMINEN
2. JUOKSUHAUTAJALAT
3. HYPOTERMIA
4. EIB - RASITUKSEN AIHEUTTAMA KEUHKOPUTKIEN SUPISTUMINEN

HIENOMOTORIIKKA



KÄDEN LÄMPÖTILA

Optimaalinen toiminta

32 °C

Karheuden tunteminen heikkenee

28 °C

Käden lihasvoima heikkenee
Tarkkuus ja kestävyys alenee

24 °C

20 °C

Tuntoherkkyys laskee

Käden toimintakyky laskee oleellisesti
Kipu

16 °C

12 °C

Verenkierron jaksottaista vilkastumista (CIVD)

8 °C

Vaurio voi syntyä pitkäkestoisessa kylmäaltistuksessa

Lämmön tuntemus katoaa

4 °C

0 °C

Kudokset jäätyvät

PALELTUMAT

Verenkierto alueella lakkaa, solut jäätyvät (-0,5 C) ja kuolevat. Oireet kipu ja tunnottumuus. Erityisesti kehon ääreisosat ovat alttiina. Paleltumat todennäköisempiä urheilussa kuin hypotermia. Paleltuman laajuus ja vakavuus arvioidaan vasta, kun kudos on sulanut.



Pinnallinen paleltuma: iho punertava tai kalpea, tunnottomuutta ja nipistelyä.



Syvä paleltuma 1: Iho tuntuu kovalta tai jäätyneeltä. Rakkuloita ilmestyy sulattamista seuraavina tunteina.

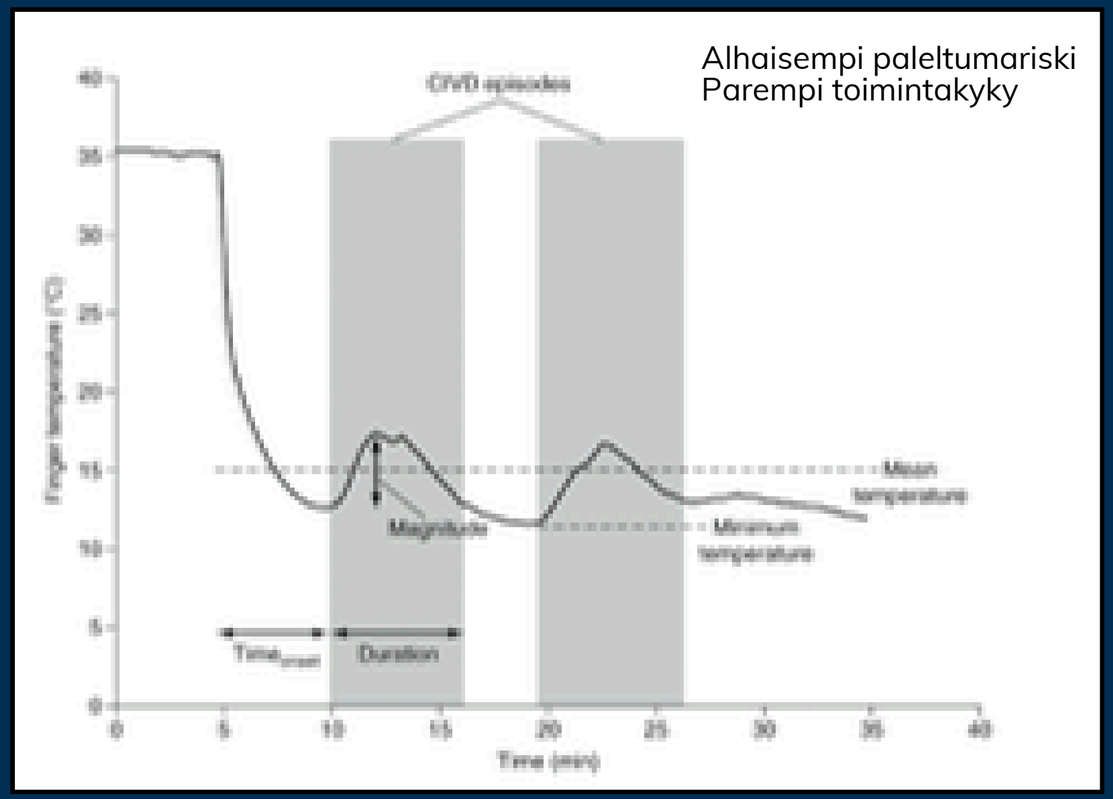


Syvä paleltuma 2: iho muuttuu siniseksi, harmaaksi tai mustaksi kudosvaurion vuoksi. Tunnottomuutta ja verisiä rakkuloita ilmenee. Kuolleen kudoksen poistaminen voi olla tarpeen.

Upota paleltunut kehonosa ~37-40 asteiseen veteen 20-30 minuutiksi. Vältä uudelleen jäätyminen!

CIVD

CIVD eli, *Cold-Induced Vasodilation*, tarkoittaa kylmässä tapahtuvaa jaksottaista verenkierron lisäystä kehon ääreisosissa, erityisesti käsissä.





Raynaud’n ilmiö

Joillain henkilöillä kylmä voi aiheuttaa sympaattisen hermoston yliaktivaation, joka johtaa tavanomaista intensiivisempään verisuonten supistumiseen. Myös lämpötilasta riippumattomat tekijät, kuten stressi, voivat laukaista tämän reaktion.

HYPOTERMIA

Aikuisen kehossa on tavanomaisesti niin paljon lämpöä, että hypotermian kehittyminen vaatii noin 30 minuutin oleskelun jäisessä vedessä.

Nopeampi menehtyminen kylmän veden varaan joutuessa tapahtuu esimerkiksi kylmäsokin, uupumisen tai ääreisosien kylmenemisen ja liikkumiskyvyn menettämisen vuoksi.



KYLMETTYNYT, MUTTEI HYPOTERMINEN
Merkittävää lihasvärinää

35 °C

LIEVÄ HYPOTERMIA
Intensiivistä lihasvärinää
Koordinaation merkittävä heikkeneminen
Puhevaikeus
Sekavuus

32 °C

KESKIVAIKEA HYPOTERMIA
Lihasvärinä lakkaa
Sekavuus lisääntyy
Lihasjäykkyys

28 °C

VAIKEA HYPOTERMIA
Tajuttomuus
Hengitys hidastuu
Pulssittomuus / elottomuus

SOTILAAN HYPOTERMIA

LÄMMÖNTUOTON VÄHENEMINEN
Rasitus, energiavaje, univaje

ERISTYSKYVYN HEIKKENEMINEN
Vasokonstriktion heikkeneminen, kehonmassan väheneminen

VAUHDIN HIDASTUMINEN
Väsymys, motivaatio, pitkittyvät tauot

OLOSUHTEIDEN MUUTTUMINEN
Lämpötila, sade, tuuli



JUOKSUHAUTAJALAT

Pitkäaikainen (usein yli 8h) viileys, kosteus ja puristus aiheuttavat särkyä ja verenkierto-ongelmia. Voi aiheuttaa vuosia kestäviä verenkierto- ja tuntohäiriöitä.

- Pidä jalat kuivana ja puhtaana
- Riisu sukat ja kengät tasaisin väliajoin mahdollisuuksien mukaan, ja anna jalkojen hengittöä.
- Jalkojen talkitseminen ja sukkien vaihto.

Sotilaiden lisäksi riskiryhmässä esimerkiksi vaeltajat ja ultrajuoksijat.



EIB – RASITUKSEN AIHEUTTAMA KEUHKOPUTKIEN SUPISTUMINEN

Rasittava liikunta voi väliaikaisesti lisätä keuhkoputkien supistusmisherkkyyttä (EIB, exercise-induced bronchoconstriction).

Erityisesti kylmä ja kuiva ilma, siitepöly, ilmansaasteet sekä hengitystie-infektiot voivat lisätä alttiutta.

Noin **50 %** Olympiatason maastohiihtäjistä kärsii EIB:stä.

86 % EIB:stä kärsivistä ei ollut tiedostanut vaivaansa ennen testiä ja diagnoosia.

OIREET JA HOITO

Yskä, hengityksen vinkuminen, ja hengenahdistus. Oireet ovat usein pahimmillaan 10–15 minuuttia rasituksen jälkeen ja poistuvat 30–90 minuutissa.

EIB:tä hoidetaan astman tavoin sekä hoitavalla että avaavalla lääkkeellä. Hoitamattomana EIB voi heikentää suorituskykyä!

LIIKUNTAA **ENNEN**

- Matalatehoinen lämmittely voi vähentää oireiden riskiä.
- Käytä maskia tai huivia suun ja nenän suojana.
- Käytä avaavaa inhalaattoria 15-20 minuuttia ennen suoritusta.
  - Liikakäyttö voi vähentää tehoa.
- Vältä liikkumista äärimmäisen kylmässä.

LIIKUNNAN **AIKANA**

- Hengitä nenän kautta, jos se ei rajoita suorituskykyä.
  - Kovatasoisilla kestävyysurheilijoilla nenähengitys voi rajoittaa jo matalatehoista harjoittelua.
- Käytä maskia tai huivia suun ja nenän suojana.
- Tarkkaile ensioireiden, kuten yskimisen, alkamista.

LIIKUNNAN **JÄLKEEN**

- Pidä inhalaattori saatavilla (pahimmat oireet ilmenevät usein 10-15 minuuttia liikunnan jälkeen).
- Jos oireet kestävät yli 90 minuuttia, hakeudu oireenmukaiseen hoitoon.

EP2 FINLAND
ENVIRONMENTAL EXERCISE PHYSIOLOGY PROGRAM
HULA - Helsingin urheilulääkäriasema
Urheilulääketieteen säätiö sr

KYLMÄÄN SOPEUTUMINEN

On tunnistettu kolme erilaista sopeutumisvastetta, jotka sisältävät erilaisia fysiologisia adaptaatioita. Se, mitä sopeutumisvastetta yksilön vaste muistuttaa, voi riippua esim. altistuksen aikaisesta ydinlämpötilasta tai kompensoitavasta / kompensoimattomasta altistuksesta.

METABOLIA



- NST lisääntyy
- Lihasvärinä lisääntyy

ERISTYSKYKY



- Vasokonstriktio lisääntyy

TOTTUMINEN

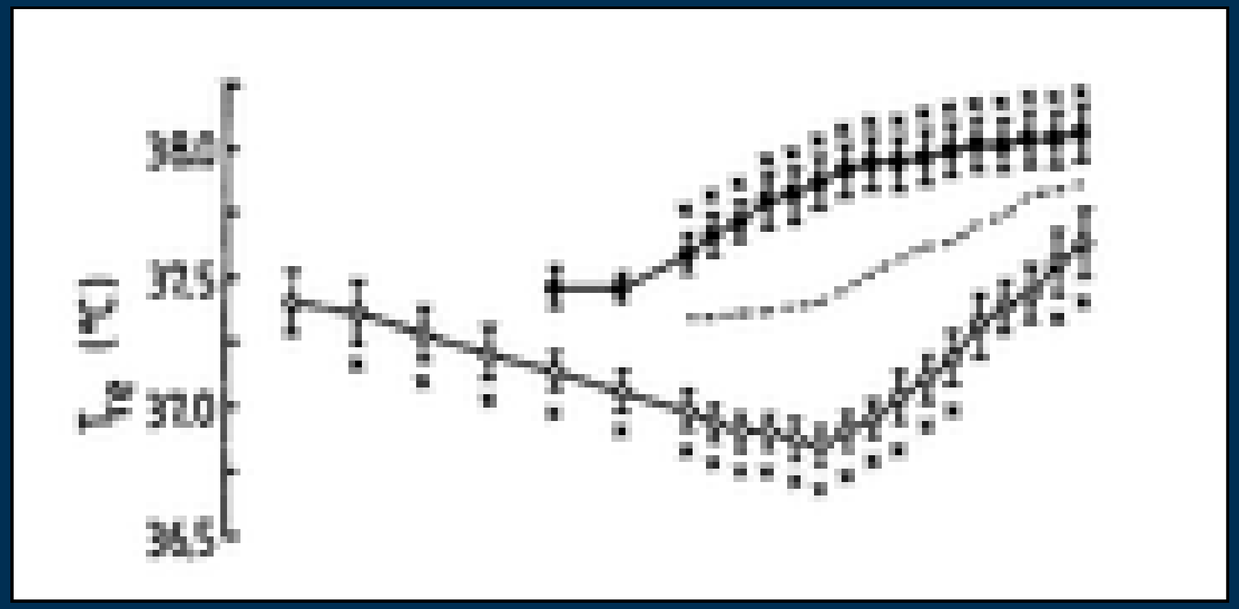


- Vasokonstriktio vähenee
- CIVD tehostuu (ehkä)
- Lihasvärinä vähenee
- Lämpömukavuus lisääntyy

LÄMMITTELY JA ESILÄMMITYS

Lämmittelyn merkitys korostuu kylmässä, mutta ehkä esilämmitystäkin voi harkita?

Steady-state VO_2 oli alhaisempi lämmittely- ja esilämmityskerroilla
→ Vähemmän hapenkulutusta samalla ulkoisella työllä



PRECOOL 32.8 mL/min/kg
PREHEAT 30.5 mL/min/kg
CONTROL 31.2 mL/min/kg

Kruk, B., Pekkarinen, H., Harri, M., Manninen, K., & Hanninen, O. (1990). **Thermoregulatory responses to exercise at low ambient temperature performed after precooling or preheating procedures**. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 59(6), 416–420.

KYLMÄPALAUTUMISMENETELMÄT



DOMS, tulehduksen merkkiaineet ja lihasvaurion markkerit laskevat.

PALAUTUMISEN MERKKIAINEET





DOMS, tulehduksen merkkiaineet ja lihasvaurion markkerit laskevat.

SUORITUSKYKYVYN PALAUTUMINEN

Kylmävesiupotus voi tehostaa kestävyyssuorituskyvyn palautumista, jos palautumisaika suoritusten välillä on lyhyt.



Kylmävesiupotuksen hyödyt voimaominaisuuksien palautumiseen ovat epäselviä: sekä hyötyjä että haittoja on havaittu.

HARJOITUSADAPTAATIOT

Toistuvan kylmävesiupotuksen käytön on havaittu tehostavan joitain kestävyysharjoitteluun liittyviä soluvasteita, kuten uusien mitokondrioiden muodostumista. Erityistä hyötyä tai haittaa suorituskykyyn ei ole kuitenkaan havaittu.



Säännöllisesti käytettynä kylmäaltistus harjoituksen jälkeen voi näkyä heikompana lihasmassan ja voimaominaisuuksien kehityksenä muun muassa heikomman proteiinisynteesivasteen vuoksi.