



EP2 FINLAND

ENVIRONMENTAL EXERCISE PHYSIOLOGY PROGRAM



YMPÄRISTÖFYSIOLOGIA

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



Lämpötila: kuuma ja kylmä



Hapen osapaine: hypoksia ja hyperoksia



Kronobiologia



Ilmansaasteet



Mikrogravitaatio



Hyperbaarinen fysiologia



LÄMPÖTILA

Lämpötila

Suomalainen sotilas altistuu lämpötilan ääripäille: jäätävälle 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.

Kansainvälisiin operaatioihin osallistuminen voi kasvattaa tätä eroa huomattavasti.

Itäisen pallonpuoliskon kaikkien aikojen lämpöennätys rikki Lähi-idässä

Irakin ilmatieteen laitos kertoi eilen lauantaina, että maan eteläolkassa, Basran kaupungissa lämpötila oli noussut 53,9 asteeseen.

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

pallolämpötila
märkälämpötila
lämpötila



Lämpötila

Erilaiset lämpötilaindeksit antavat käytännöllisen tavan arvioida ympäristön tuottamaa lämpökuormaa tai riskejä

NWS lämpöindeksi

		Lämpötila (°C)																
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Suhteellinen kosteus (%)	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

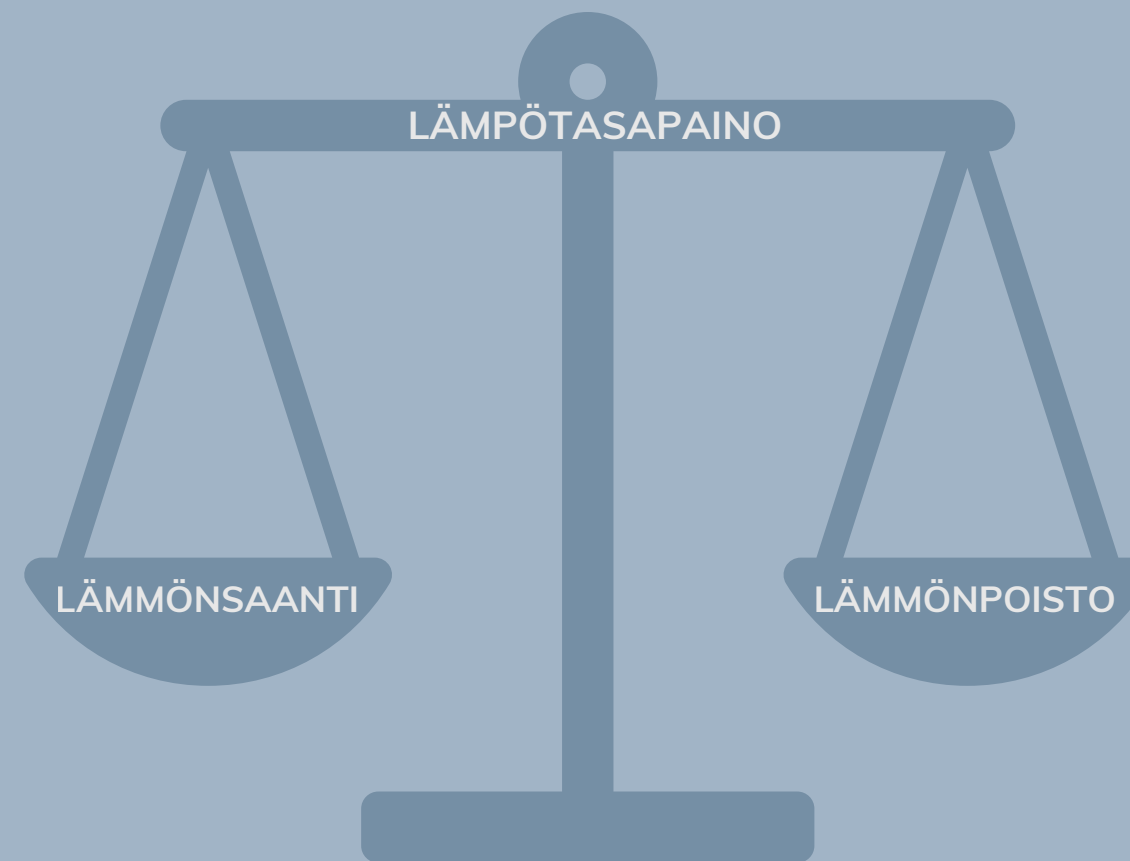
		Tuulen nopeus (km/h)														
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	
Lämpötila (°C)	0	-2	-3	-4	-5	-6	-6	-7	-7	-8	-8	-8	-9	-9	-9	
	-5	-7	-9	-11	-12	-12	-13	-14	-14	-15	-15	-15	-16	-16	-16	
	-10	-13	-15	-17	-18	-19	-20	-20	-21	-21	-22	-22	-23	-23	-23	
	-15	-19	-21	-23	-24	-25	-26	-27	-27	-28	-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 (lämmönsaannin ja lämmönpoiston summa) vaikuttaa lämmönsiirto ihmisen ja ympäristön välillä sekä kehon oma lämmöntuotto. Vaatetus vaikuttaa merkittävästi lämmönsiirtoon.

METABOLINEN LÄMMÖNTUOTTO
HAIHTUMINEN
KONVEKTIO
JOHTUMINEN
SÄTEILY

$$S = M \pm R \pm C \pm K - E$$





METABOLINEN LÄMMÖNTUOTTO

LIIKUNTA

Intensiivinen ja pitkäkestoinen liikunta tuottaa paljon lämpöä. Liikunnan hyötysuhde on noin 20-25 %, loput vapautuu lämpönä. Liikunnan **absoluuttinen teho** määrittää lämmöntuoton. Tämä on erityisen hyvä huomioida, kun liikutaan ryhmässä.

AINEENVAIHDUNTA

Keho tuottaa jatkuvasti lämpöä aineenvaihdunnallaan peruselintoimintoja ylläpidettäessä.

LIHASVÄRINÄ

Kun ihon lämpötila tai ydinlämpötila laskee, lämpöä tuotetaan lihasvärinällä.

RUOANSULATUS

Ruoansulatuksella on lämpöä tuottava, termogeeninen vaikutus.

HAIHTUMINEN

Kun ympäröivän ilman lämpötila on korkeampi kuin ihon pintalämpötila, hikoilu on kehon ainoa keino poistaa lämpöä!

- Ihmisen maksimaalinen hikoiluteho (ja hien koostumus) on yksilöllinen ominaisuus, mutta useimmiten se on noin 1,5-3 litraa tunnissa
- Hikoilun viilentävä teho perustuu hien **haihtumiseen**: yhden vesigramman haihtuminen poistaa noin 0,58 kcal lämpöä
- Ilman suuri suhteellinen kosteus heikentää hien haihtumista
- Vaatetuksen ja suojavaarustuksen luoma ihmisen oma mikroilmasto voi estää hien haihtumisen



KONVEKTIO

Ilman tai veden virtaus iholla kuljettaa lämpöenergiaa lämpimästä aineesta kylmään.

- Lämpötilaeron kasvattaminen (iho vs. ilma) lisää konvektiivista lämmönvaihtoa
- Virtauksen lisääminen lisää konvektiivista lämmönvaihtoa
- Erittäin kuumissa ympäristöissä, kun ihon pintalämpötila on ympäröivän aineen lämpötilaa suurempi, **virtauksen lisäys kasvattaa lämpökuormaa**
- Vaatetuksen ja suojavaarustuksen luoma ihmisen oma mikroilmasto voi estää konvektiivisen lämmönvaihdon

SÄTEILY



Lämpöä siirtyy ympäristön ja ihmisen välillä säteilemällä.

- Kaikki kappaleet säteilevät lämpöä, mutta suora auringonpaiste on usein merkittävin säteilylämmön lähde
- Vaatetus ja suojarahustus voi ehkäistä lämmönvaihtoa säteilemällä

Lämpökamerat havaitsevat
lämpösäteilyä / infrapunasäteilyä





JOHTUMINEN

Lämpöä siirtyy kahden kosketuksissa olevan kappaleen välillä johtumalla.

- Liikkuvan ihmisen kohdalla johtuminen ei usein ole kovin merkittävä lämmönvaihdon mekanismi
- Esimerkiksi makaaminen kylmällä tai kuumalla alustalla voi tehdä johtumisesta erittäin merkittävää – huomioitava erityisesti tauoilla maastossa

Lämpötila - lämmönsäätely levossa

Hypotalamus aistii ja säätelee 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.

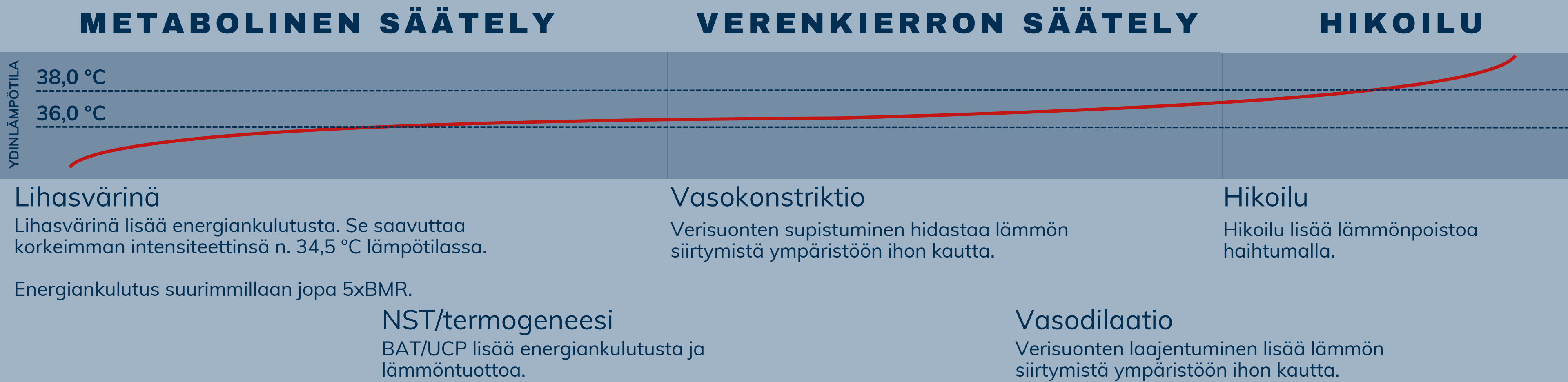


Efferentit ärsykkeet

Lämmön poistoa tai tuottamista lisätään hypotalamuksen ohjaamana.

Lämpötila - lämmönsäätely levossa

Ihminen kykenee lämmönsäätelyyn aineenvaihdunnan, verenkierron ja hikoilun säätelyn avulla.



Lämpötila - lämmönvarastointikyky

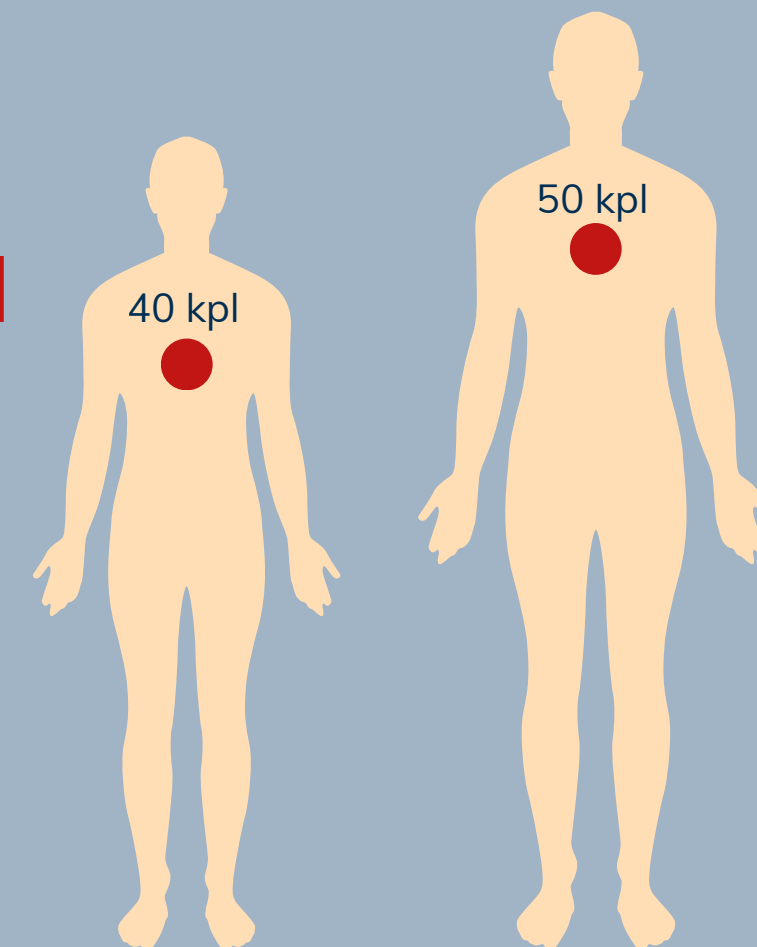
Lämpötasapainon tekijöiden lisäksi kuuman ja kylmän aiheuttamaan fysiologiseen kuormitukseen vaikuttaa kehon lämmönvarastointikyky.

Suurempi kehon massa sitoo enemmän lämpöä, mikä hidastaa ydinlämmön nousua ja laskua. Lisäksi lihasmassa sitoo enemmän lämpöä kuin rasvamassa, sillä se vaatii enemmän energiaa lämmitäkseen ($2,97 \text{ kJ/kg/}^{\circ}\text{C}$ vs. $3,66 \text{ kJ/kg/}^{\circ}\text{C}$). Rasvamassa on kuitenkin tehokas eriste.

Isokokoisempaan henkilöön mahtuu useampi "lämpöyksikkö" ●

Pienikokoisemmilla ja hoikkarakenteisilla henkilöillä on suuri ihon pinta-ala suhteessa kehonmassaan (*Body Surface Area-to-Mass Ratio*; m^2/kg), ja näin ollen tehokkaampi lämmönvaihtokyky.

Tehokas
lämmönvaihto



Tehottomampi
lämmönvaihto

Miesten ja naisten erot

LÄMMÖNSÄÄTELY

Kuukautiskierto vaikuttaa ydinlämpötilan säätelyyn. Kehon lämpötila vaihtelee 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

Ilmastonmuutoksen myötä hellepäivien lukumäärä kasvaa ja hellejaksot pitenevät niin kotimaassa kuin kansainvälisissä operaatioissakin.

Nyky aikaisten lämpöaltistuksen hallintakeinojen kehittäminen ja integroiminen osaksi operatiivista työtä tekevien sotilaiden toimintaa ylläpitää joukkojen toimintakykyä kuumimmissakin olosuhteissa.



LIIKUNTA KUUMASSA



Laskimopaluu vähenee, iskutilavuus pienenee, syketaajuus nousee

Maksimaalinen minuuttitilavuus ja $\dot{V}O_2\text{max}$ pienenee

Verenkierto lihaksille ja aivoille vähenee kovassa kuormituksessa

LIIKUNTA KUUMASSA



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)

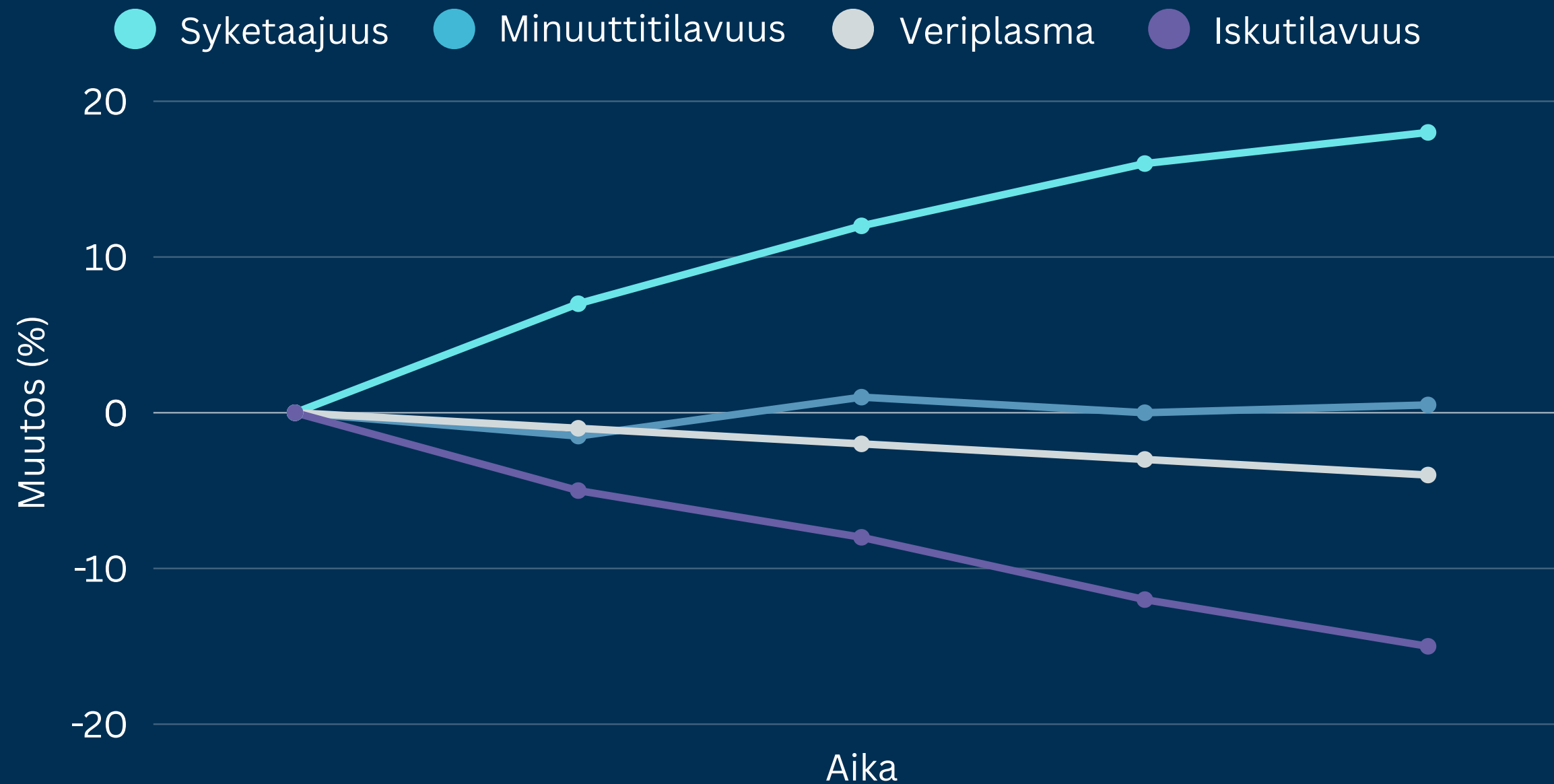
KUUMUUDEN VAIKUTUS HAPENOTTOKYKYYN



Verenvirtauksen jakautuminen harjoittelun aikana viileässä ja kuumassa ympäristössä, kun maksimaalinen sydämen minuuttitilavuus on n. 25 l/min. Verenkierto lihaksille ja sydämen kokonaisminuuttitilavuus pienenevät, ja ihon verenkierto lisääntyy kuumassa harjoiteltaessa.

Tämä laskee maksimaalista hapenottokykyä.

KUUMUUDEN VAIKUTUS HAPENOTTOKYKYYN

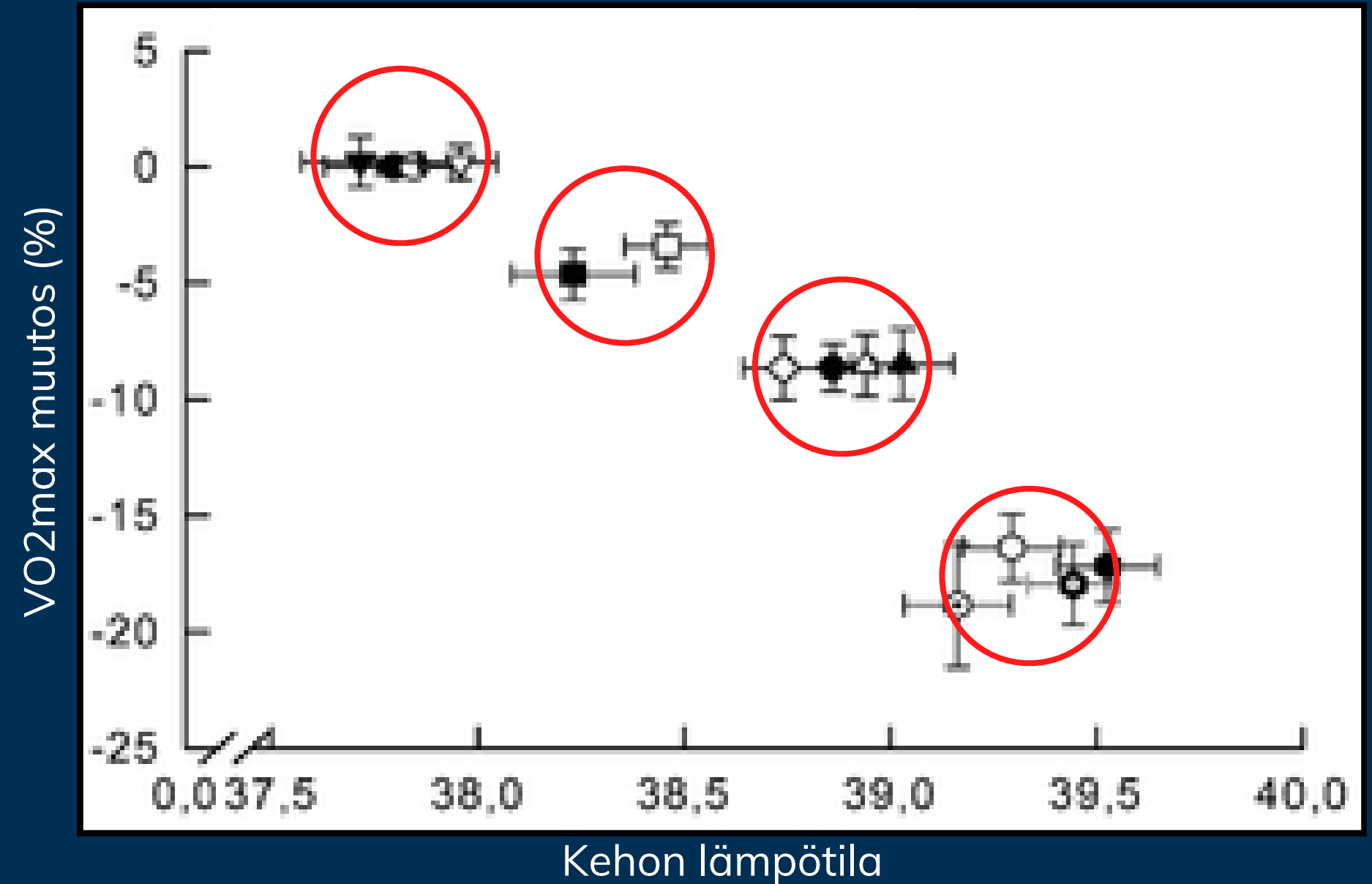


Hapenkulutus ja syke nousevat pitkäkestoisen, tasatehoisen submaksimaalisen kuormituksen aikana niin kuumassa kuin viileässäkin. Ilmiö on voimakkaampi kuumassa, kun ihon verenkierto ja hikoilusta johtuva plasman menetys vähentävät laskimopaluuta ja sydämen iskutilavuutta. Sykkeen nousulla pyritään ylläpitämään elimistön riittävää verenkiertoa.

KUUMUUDEN VAIKUTUS HAPENOTTOKYKYYN

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

Lämmittely heikensi hapenottokykyä kuumissa olosuhteissa!



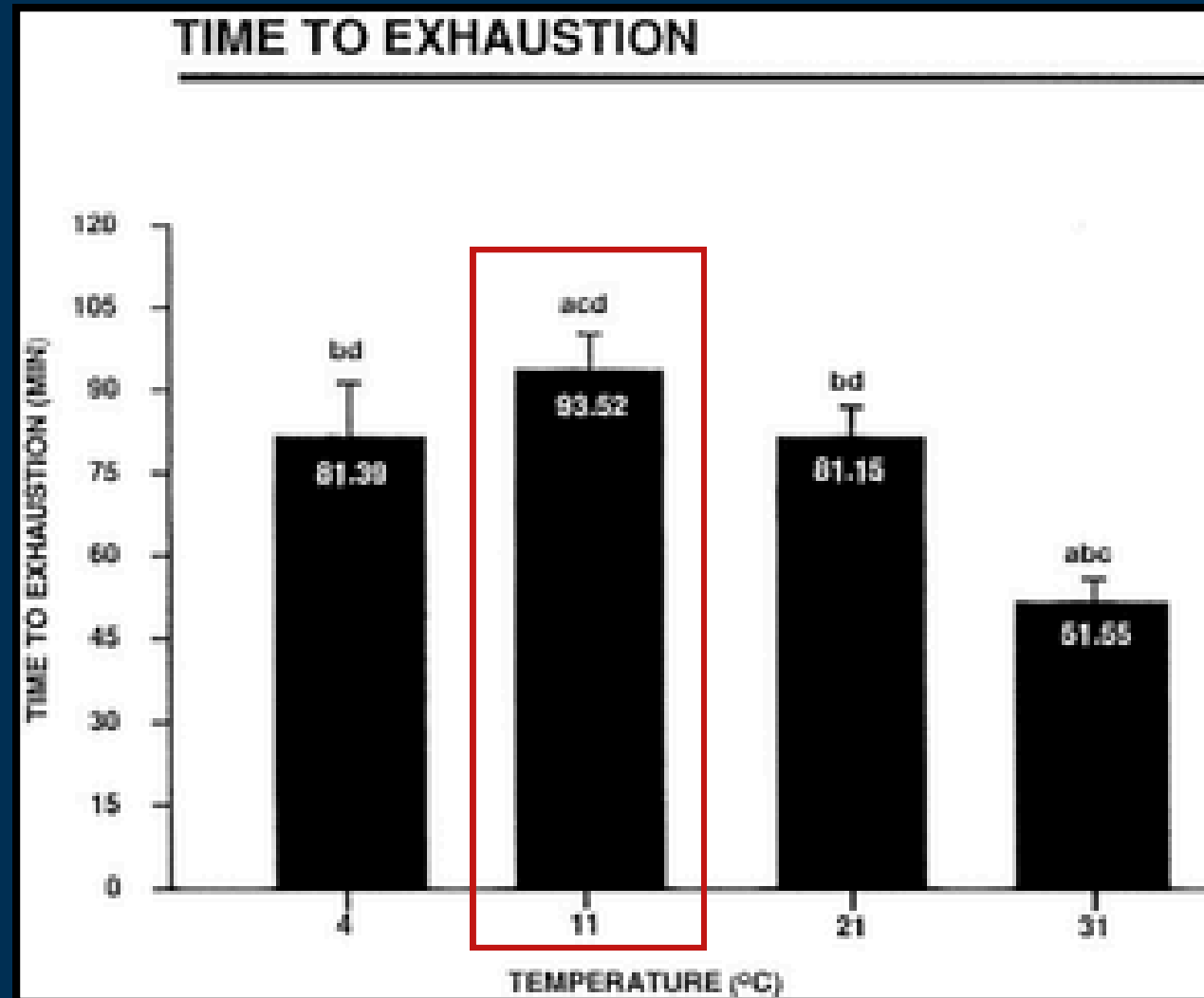
KUUMUUDEN VAIKUTUS ANAEROBISEEN KYNNYKSEEN

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.

KUUMUUDEN VAIKUTUS KESTÄVYYSSUORITUSKYKYYN

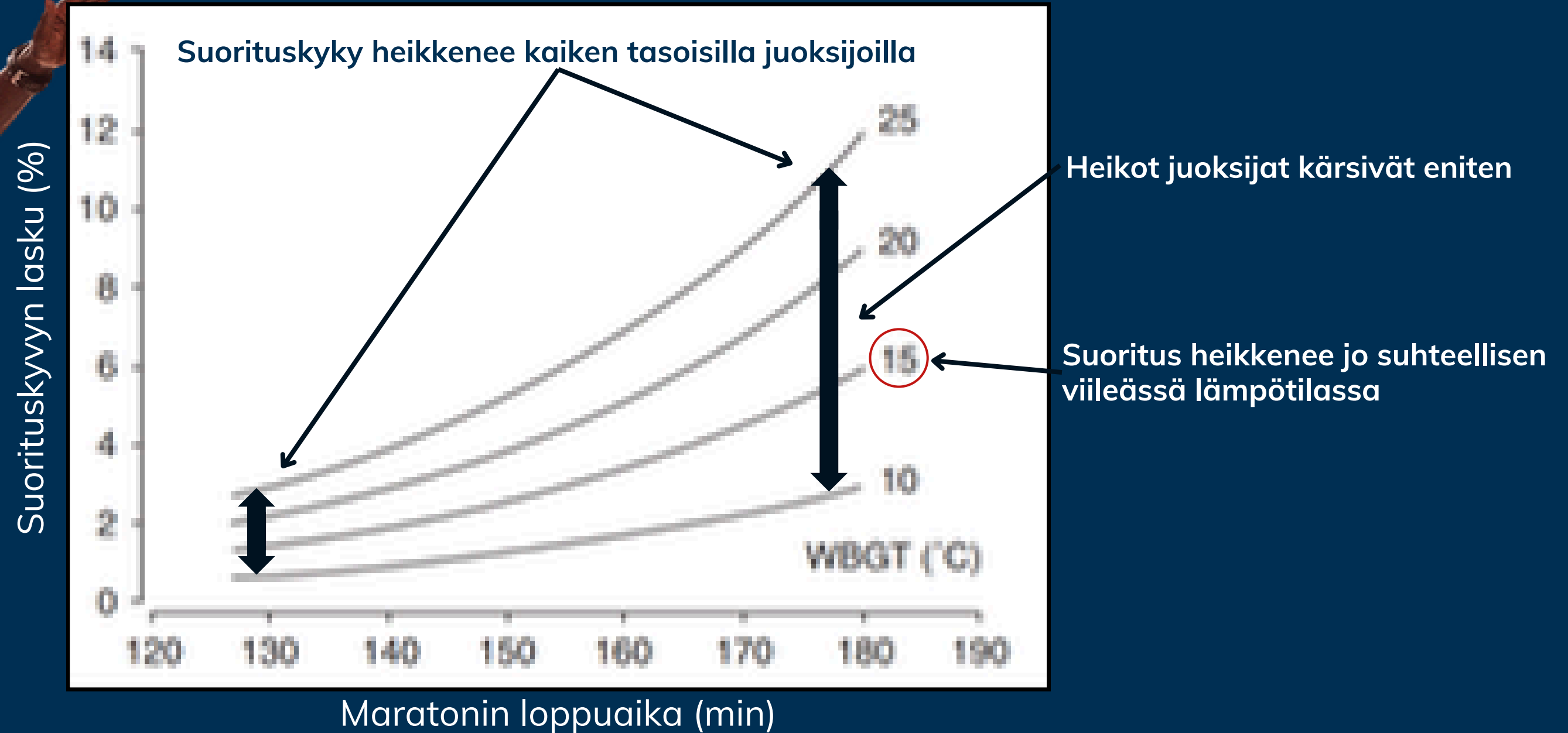


GALLOWAY, S. & MAUGHAN, R. 1997. Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 29(9),1240-1249.

Kestävyys suorituskyky 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

TTE = aika uupumukseen

huipputeho

Polkupyöräkuormitus uupumukseen kahdessa erilaisessa olosuhteessa:

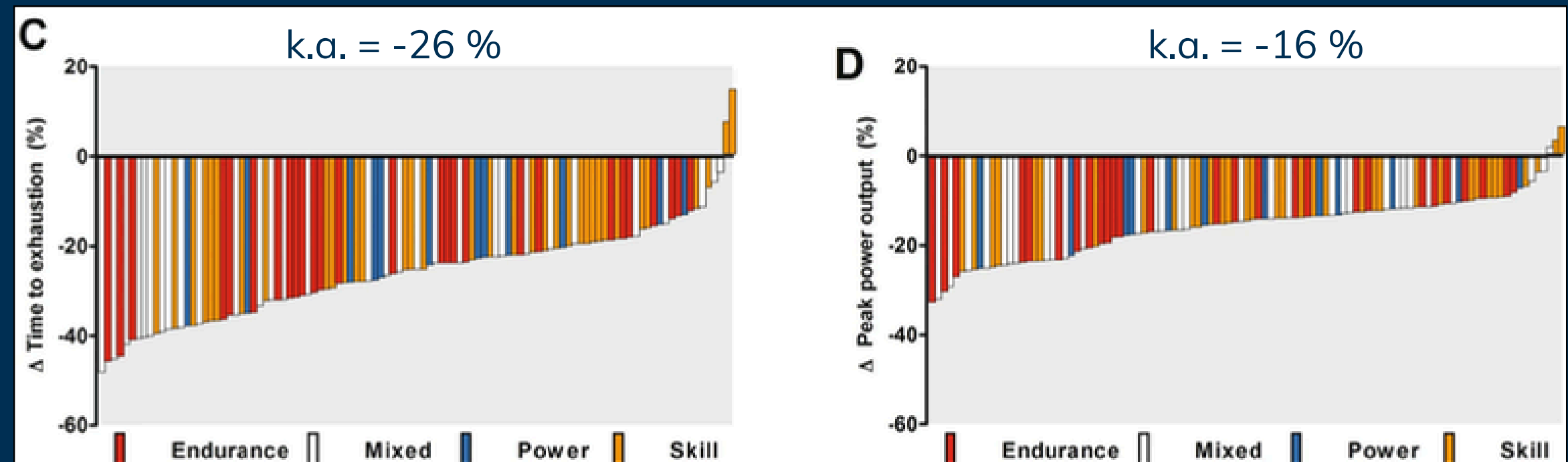
Lämpötila: $15,9 \pm 1,2$ °C
Suhteellinen kosteus: 55 ± 6 %

vs.

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

Tutkittavat Olympia-tason urheilijoita.

**Kuumuus heikensi joidenkin
kestävyysuorituskykyä jopa yli 40 %!**

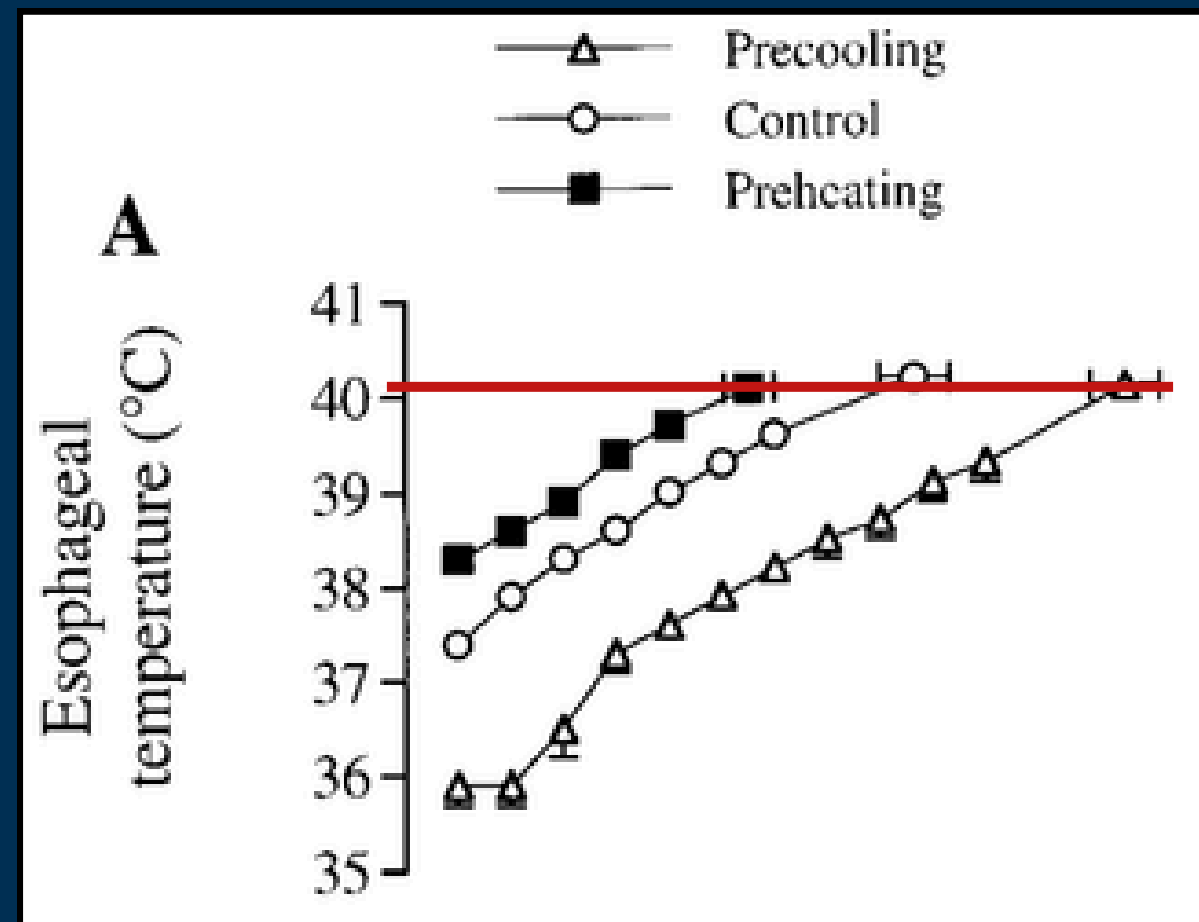


De Korte ym. 2021. Exercise Performance and Thermoregulatory Responses of Elite Athletes Exercising in the Heat: Outcomes of the Thermo Tokyo Study

Kuormitusprotokollan vaikutus? (TT, TTE)

KRIITTINEN YDINLÄMPÖTILA

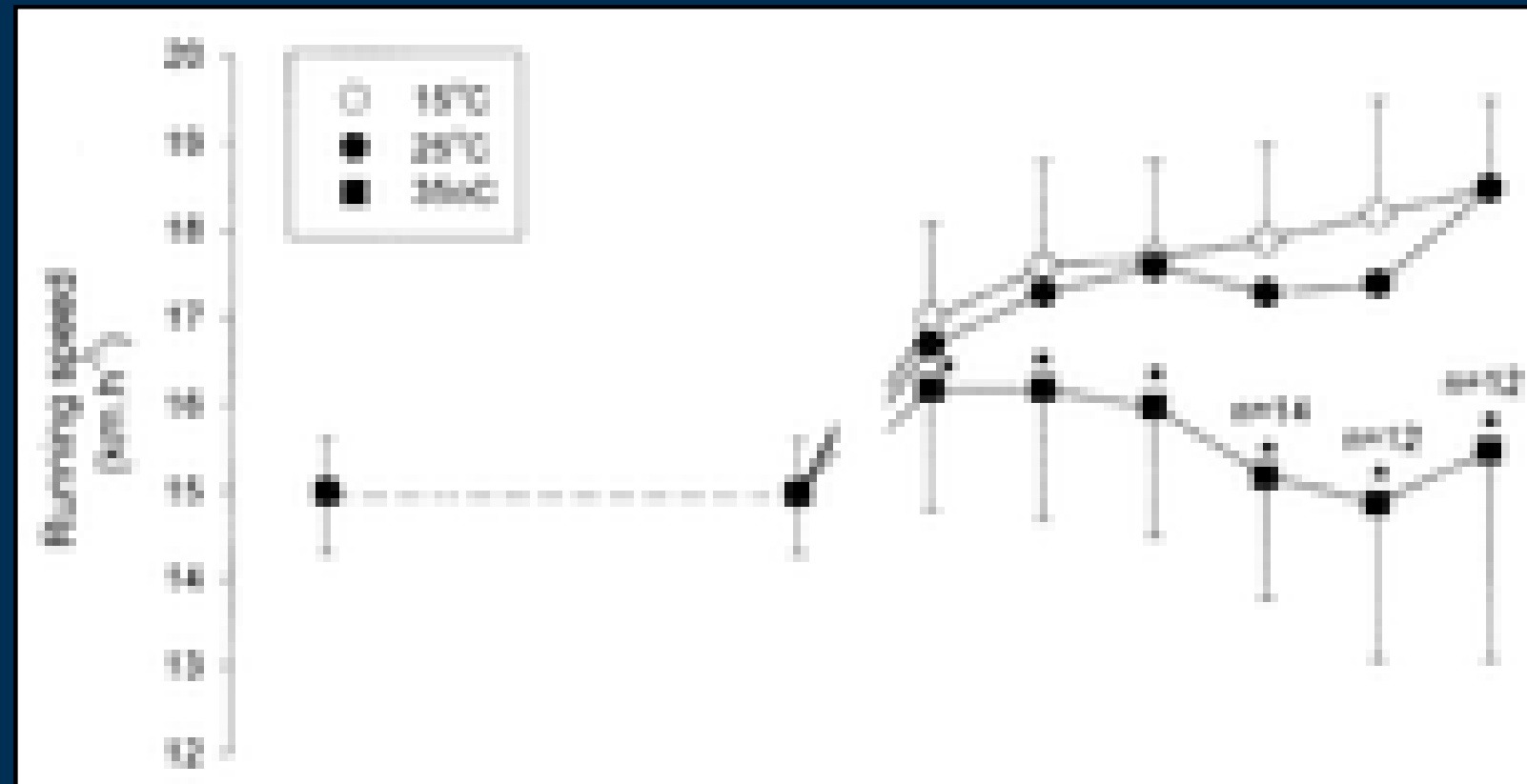
On esitetty, että keskushermoston suoja mekanismit pyrkivät estämään kehon lämpötilan liiallisen nousun uupumuksella (ei lämpöuupumuksella). Uupumus tapahtuu, kun kehon ydinlämpötila nousee riittävän korkeaksi. (~40°C?)



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.

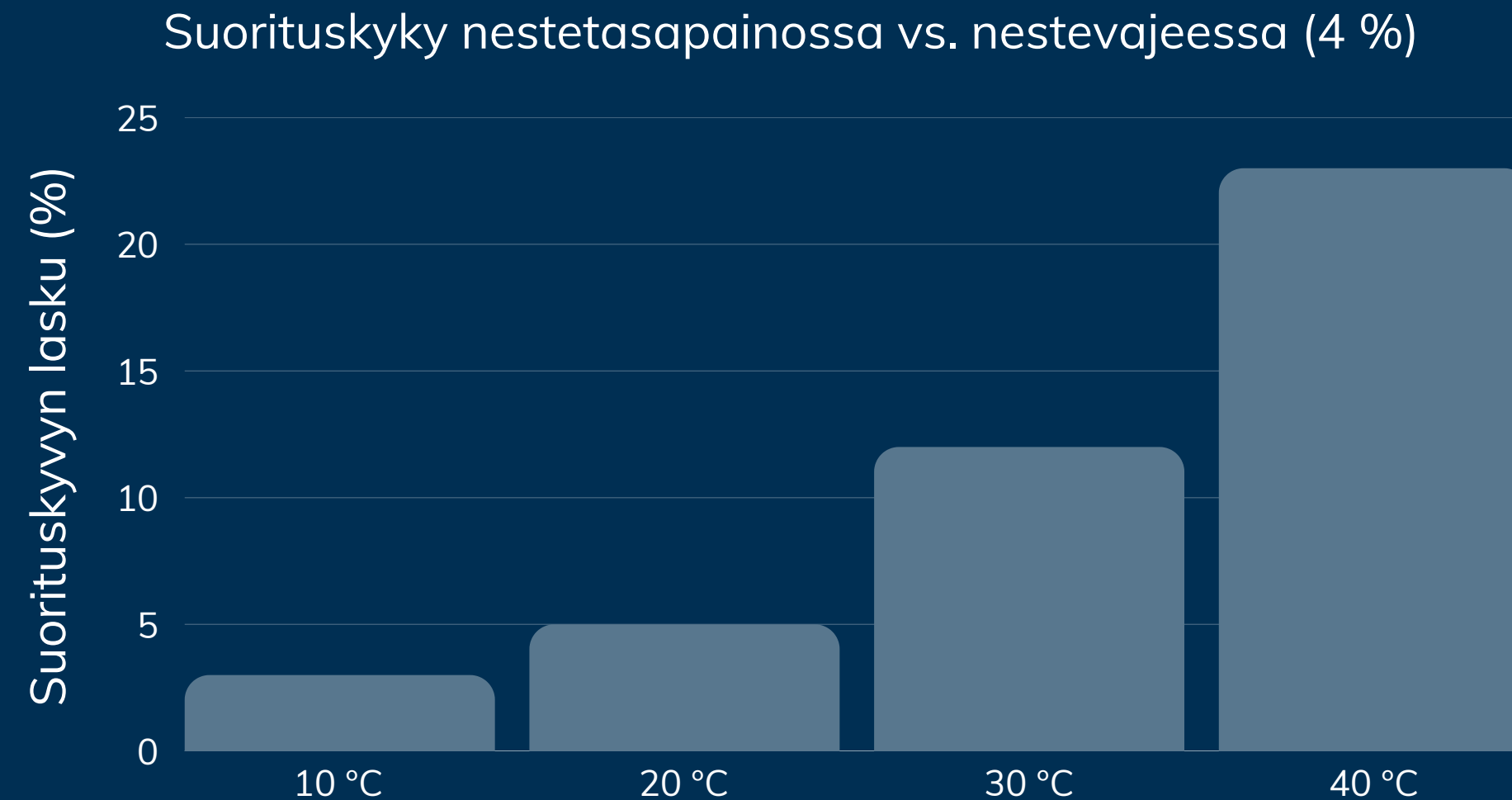


Marino, F. E., Mbambo, Z., Kortekaas, E., Wilson, G., Lambert, M. I., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (2000). **Advantages of smaller body mass during distance running in warm, humid environments.** *Pflügers Archiv European Journal of Physiology*, 441(2-3), 359–367.

KUUMUUS JA DEHYDRAATIO

Dehydraatio, hypohydraatio, nestehukka, nestevaje...

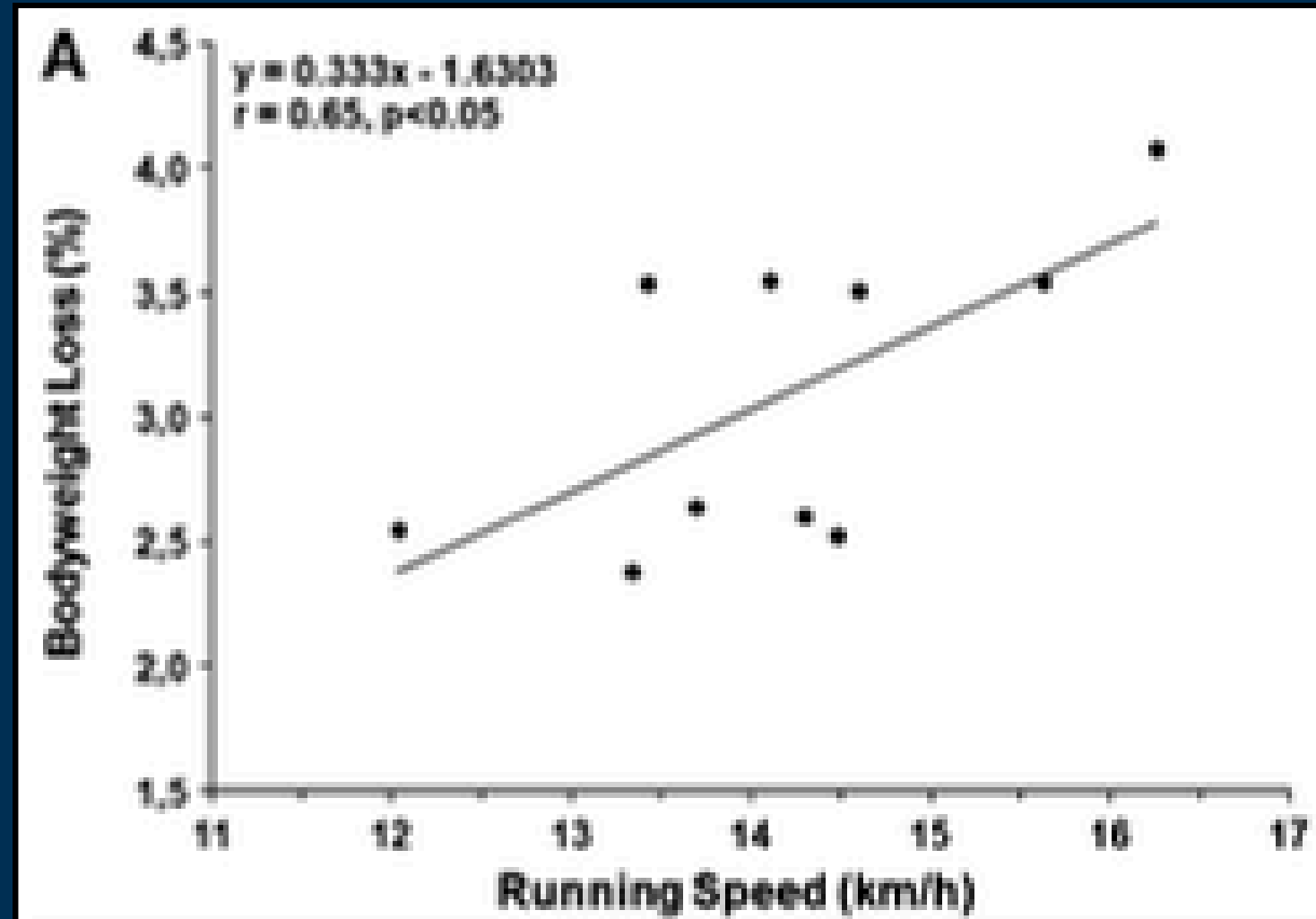
Dehydraatio heikentää erityisesti kestävyysuorituskykyä ja erityisesti kuumissa olosuhteissa (ja erityisen erityisesti time-to-exhaustion -suorituksissa).



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.



KUUMUUS JA DEHYDRAATIO



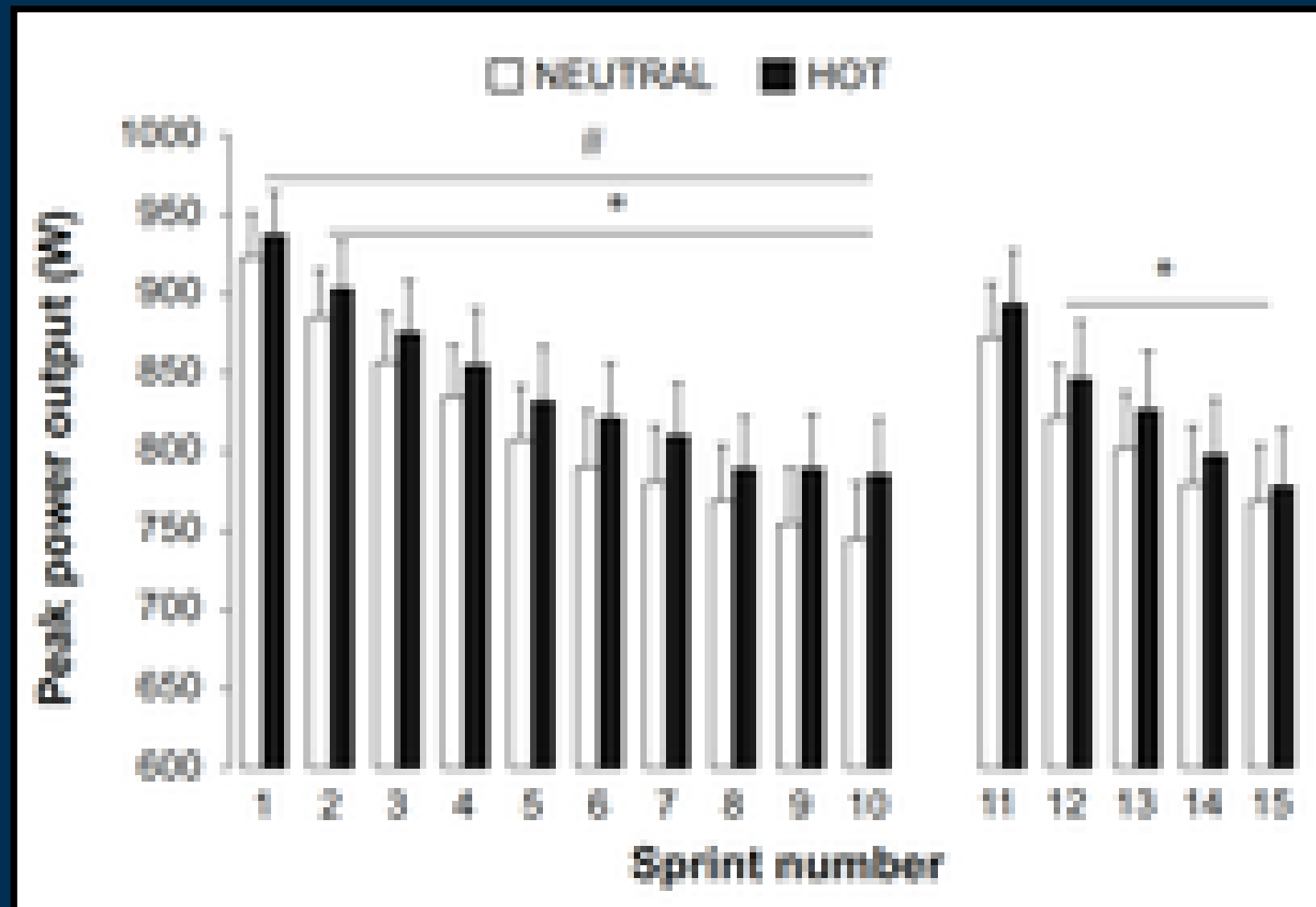
Kilpailuissa kuitenkin nopeimmat kisaajat usein menettävät eniten kehon massaa suorituksen aikana (kuivuvat eniten), kun juodaan janon mukaan?

Hypohydraatio suorituksen alussa vs. suorituksen aikana



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*

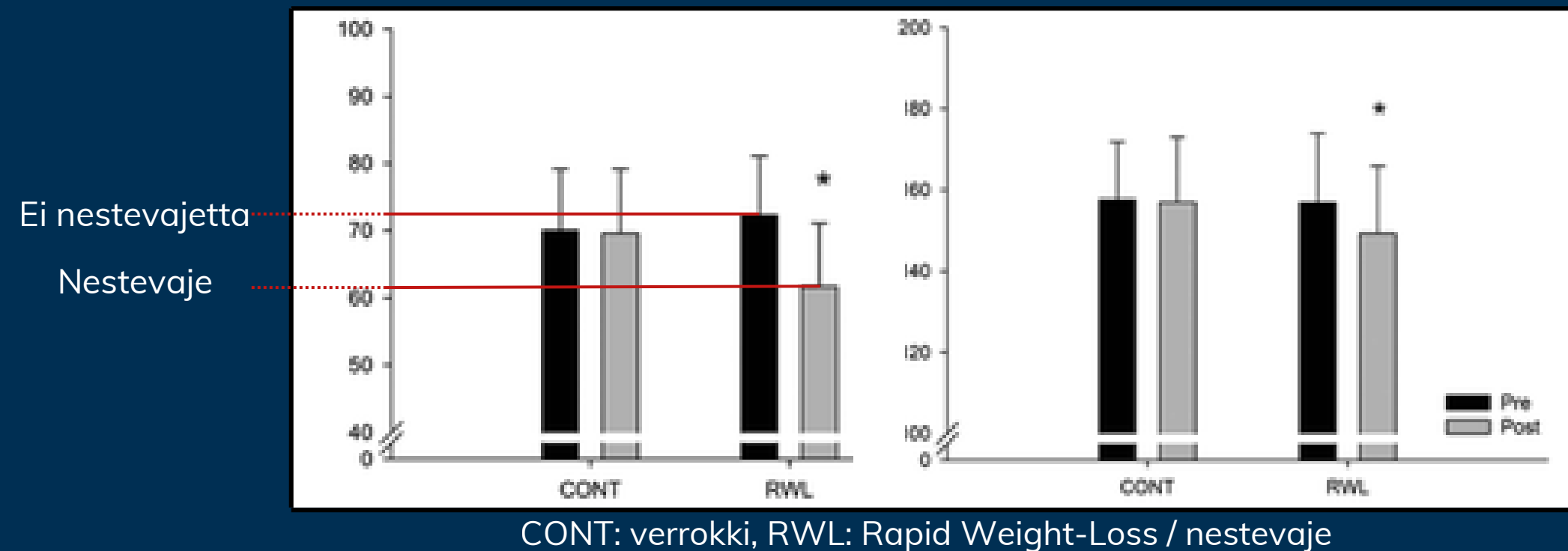


KUUMUUS JA DEHYDRAATIO

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.



NESTEYTYYS

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.

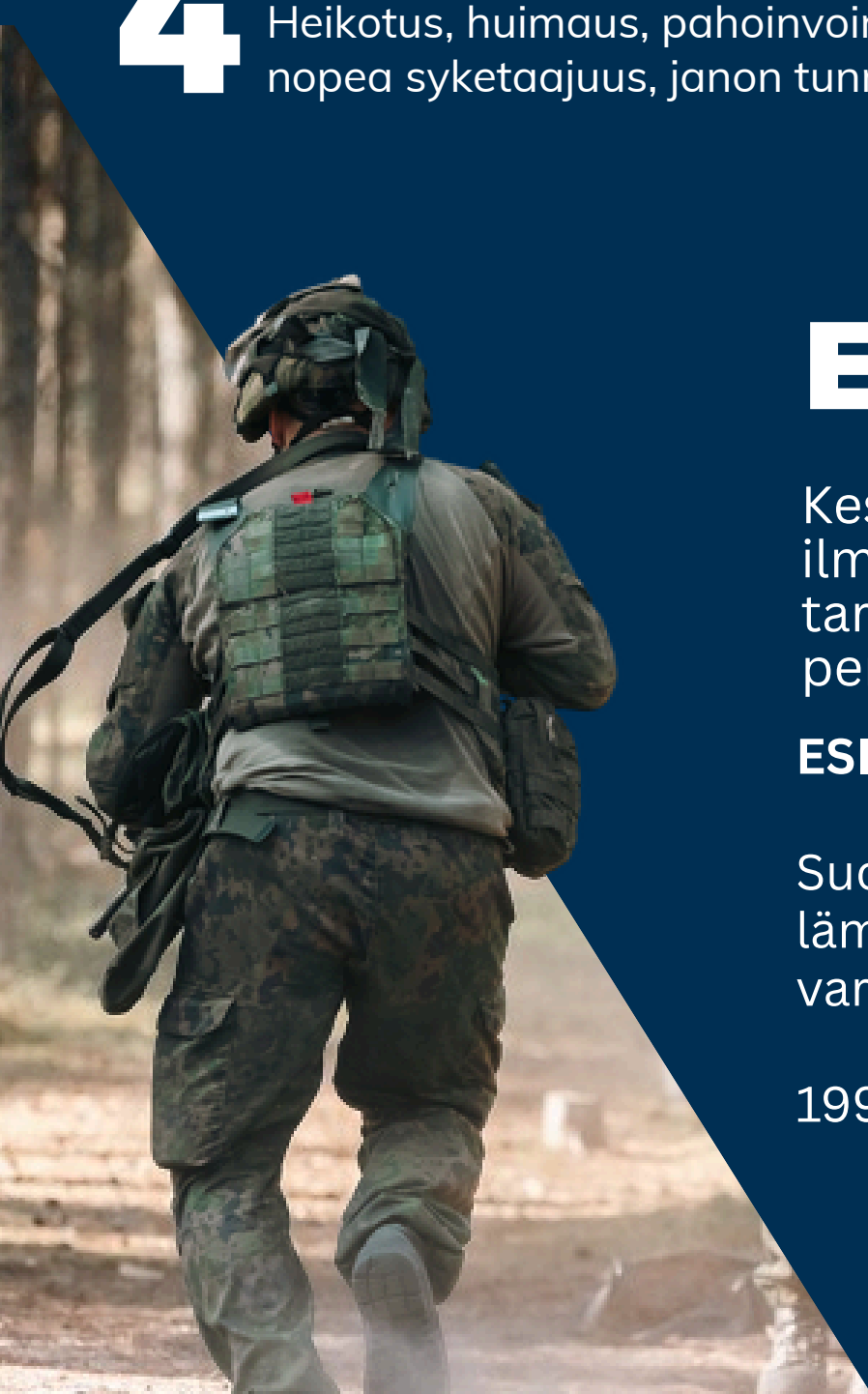
ENSIAPU

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 liuksella. Mittaa peräsuolilämpö, ja järjestä jatkohoito.

ESIINTYVYYS

Suomalaisessa 12 000 (vuodelta 1991) varusmiestä koskeneessa seurantatutkimuksessa epäiltyjen lämpösairauksien esiintyvyys oli 2,7 tapausta 1000 varusmiestä kohden ja kliinisesti lämpösairauksiksi varmistuneiden esiintyvyys oli 1,7 tapausta 1000 varusmiestä kohden.

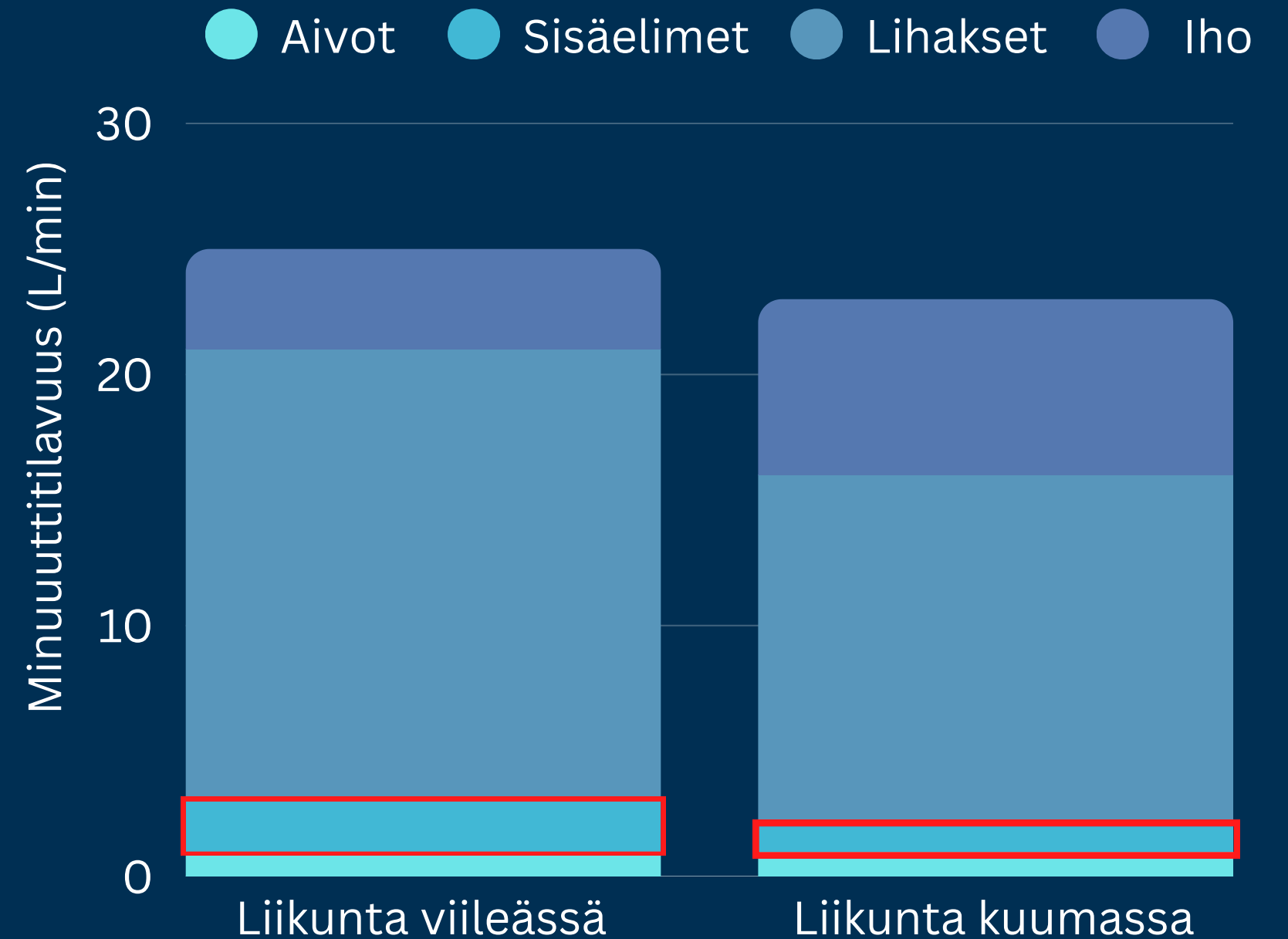
1991 hellepäiviä Suomessa 27 kappaletta. Vuonna 2025 hellepäiviä oli 36 kappaletta (71 kappaletta v. 2024).



LÄMPÖSAIRAUDET

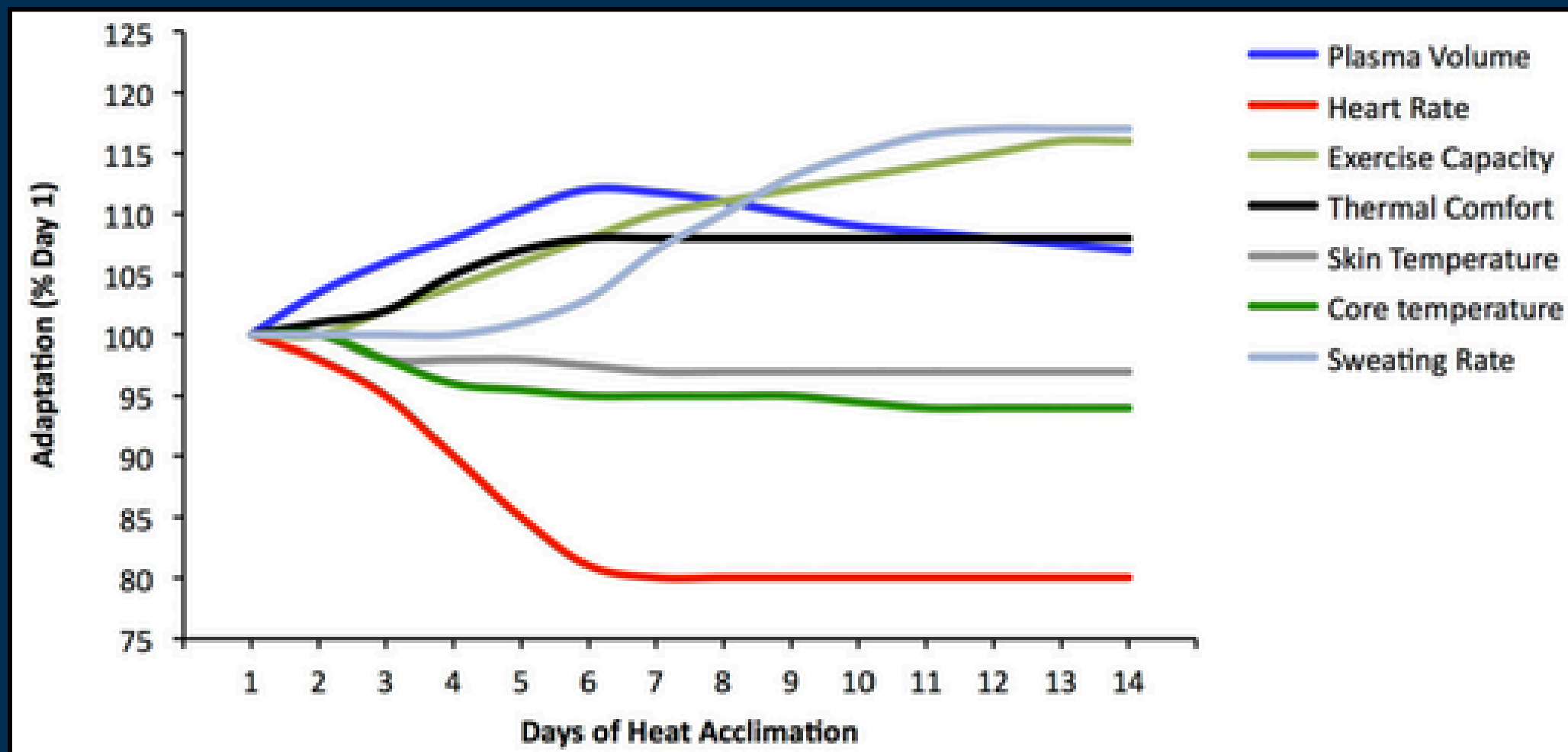
LEAKY GUT – MARATOONARIN ERIKOINEN

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.



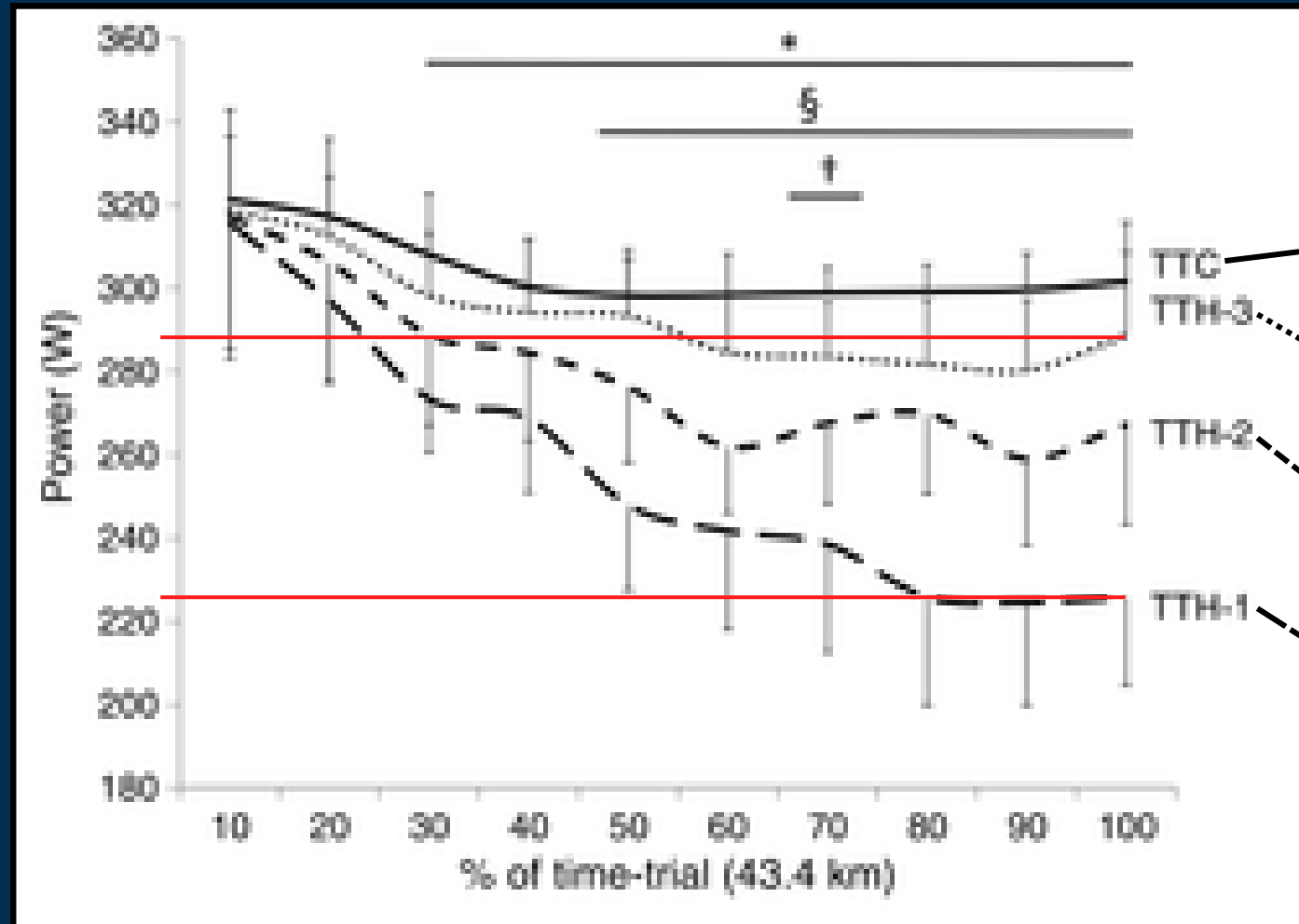
LÄMPÖSOPEUTUMINEN

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.



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

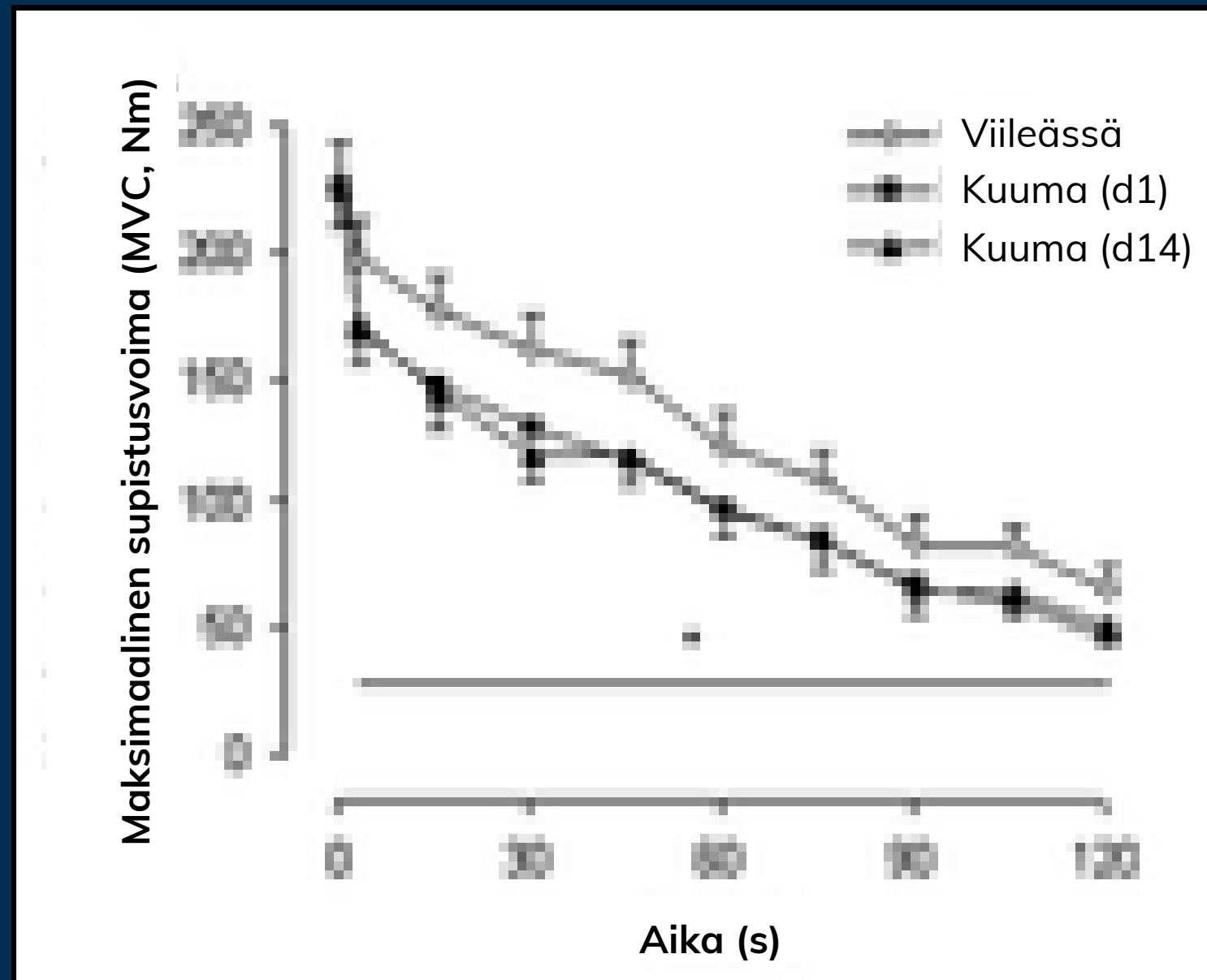
Kuumassa - ei sopeutumista

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



LÄMPÖSOPEUTUMINEN

Sopeutumisesta ei välttämättä ole kuitenkaan hyötyä maksimivoimalle tai voimakestävyydelle.



Voimantuotto laskee nopeammin kuumassa, eikä sopeutumisella ollut vaikutusta.



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.

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 seuranta 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.

PASSIIVISET



Akkliimaatiolla ja akklimatisaatiolla voidaan saada samankaltaiset hyödyt suorituskyyvylle!

LÄMPÖSOPEUTUMISMENETELMÄT

Sopeutumisjakson ajoitus

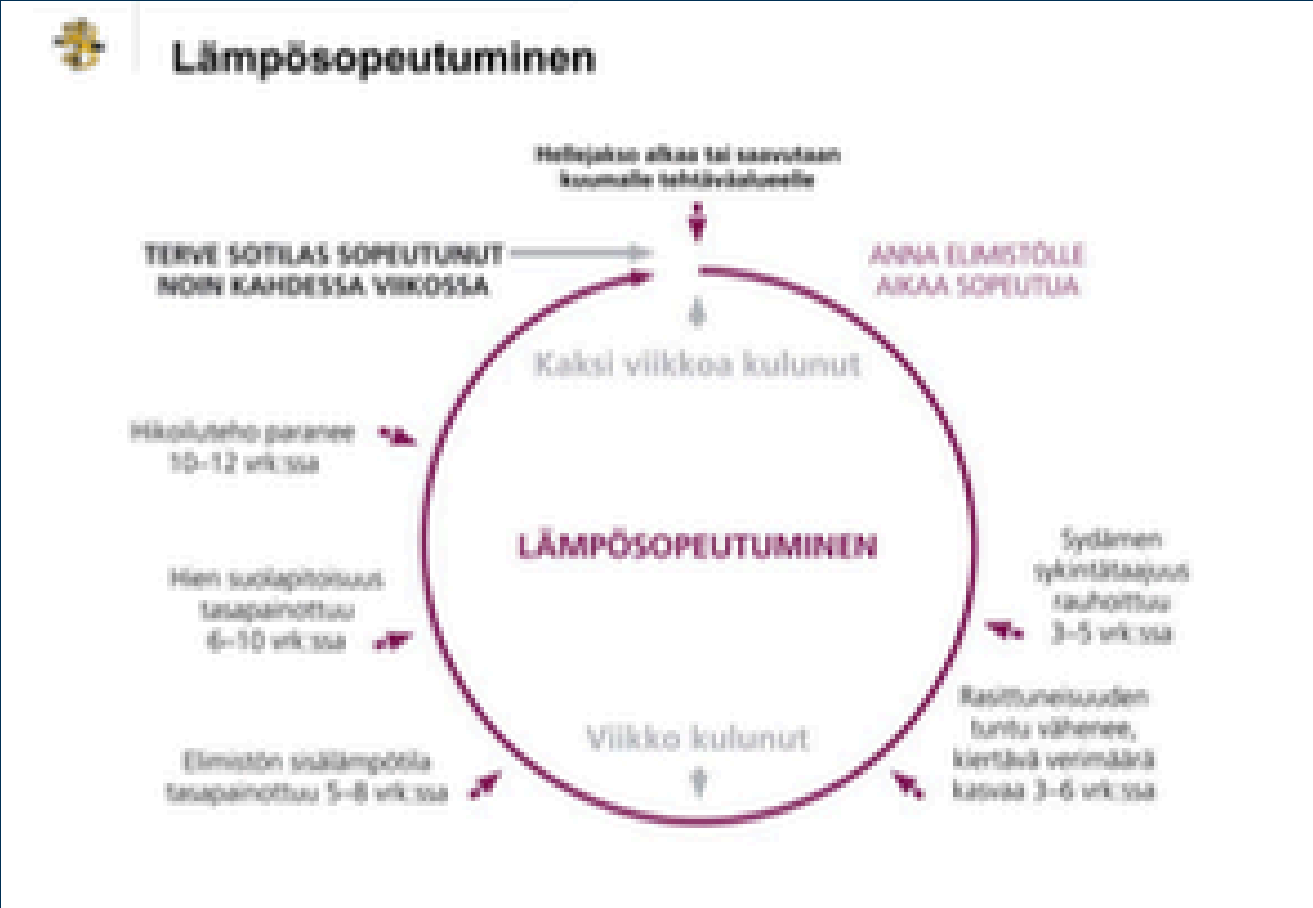


VKO1	VKO2	VKO3	VKO4	COMPETITION
Tavallinen harjoittelu		2 viikkoa sopeutumista ennen kisaa		
2 viikko sopeutumista		Ylläpito 1-3 altistuksella viikossa		
2 viikkoa sopeutumista		Tavallinen harjoittelu	Reakklimaatio	

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

Lämpöharjoittelun voi sisällyttää myös osaksi vuotuista harjoittelua.

LÄMPÖSOPEUTUMISMENETELMÄT



Lämpösopeutumista edistävä harjoitusohjelma

1. viik	Ei harjoitusta
2-5. viik	Marsaharjoittelu nopeutena 5 km/vi 1-1,5 tuntia/vi Puolet aamulla ja puolet illalla Varustus on maastopuku ja mukana tarvittava määrä nestettä
6. viik	10 km mittainen marsa kahdessa tunnissa, välissä 15 min tauko Varustus kuten yllä
7. ja 8. viik	Varusteiden kokonaispaino noin 10 kg Marsat 10 km kahdessa tunnissa
9. viik	Varusteiden kokonaispaino noin 20 kg, ml säpsähtäviä ja tyypisiä
10. viik	1,5 tunnin yhtäjaksoinen marsa yllämainitussa varustuksessa

Jos lämpötila on yli 32 °C, harjoitukset jaetaan kolmeen osaan, joiden välissä on 15 min lepotauko varjoissa. Tehokas sopeuttaminen edellyttää lisäksi päivittäin kahden tunnin oleskelua kuumassa.

Lämpösopeutumisessa huomioitavaa

- Sopeutusjakson aikana voi eläimistöä totuttaa kuumaan fyysisellä harjoittelulla.
- Harjoittelu ajoitetaan 1 – 1,5 tunnin päivittäisillä kevyillä harjoituksilla, joiden tehoa lisätään nousujohteisesti.
- Fyysisesti raskaita työtehtäviä ei ajoiteta kuumimpaan aikaan ja työjaksot sisältävät säännöllisiä taukoja.
- Fyysisesti raskaiden tehtävien jälkeen eläimistö on varattava riittävästi aikaa päähtymiseen ja palautumiseen.
- Noudata lämpösopeutumisesta annettuja ohjeita.
- Hyväkuntoisellakin sopeutuminen kuumiin oloihin kestää 10–14 päivää.
- **MUSTA**, että kaikki sotilaat ovat erityisen alttiita lämpötaapainon häiriöille ensimmäiset 2-3 viikkoa.

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 esiviilennysmenetelmä



- 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
- Viilennyslementtien 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

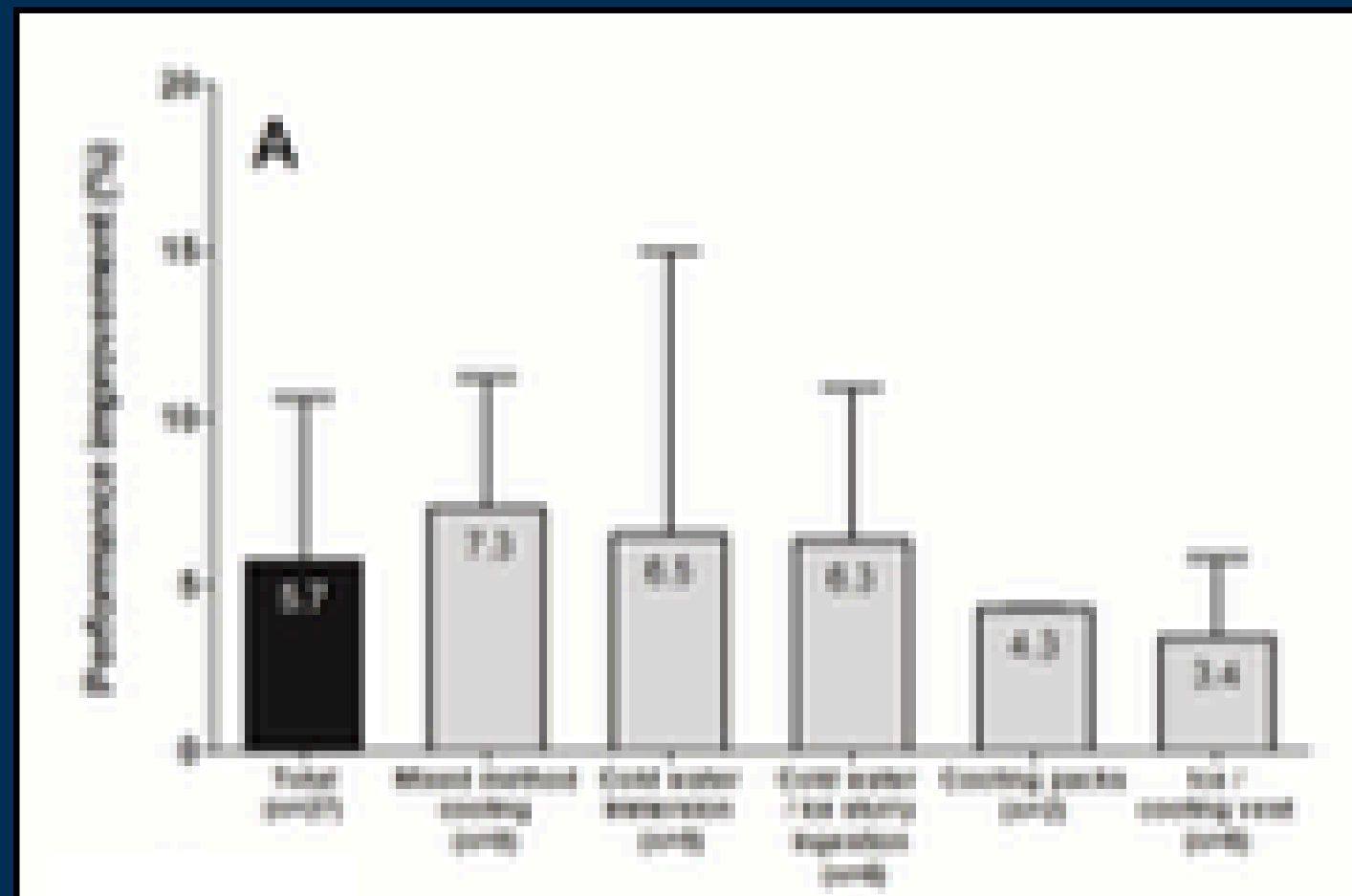


ÄLÄ VIILENNÄ LIIKAA!

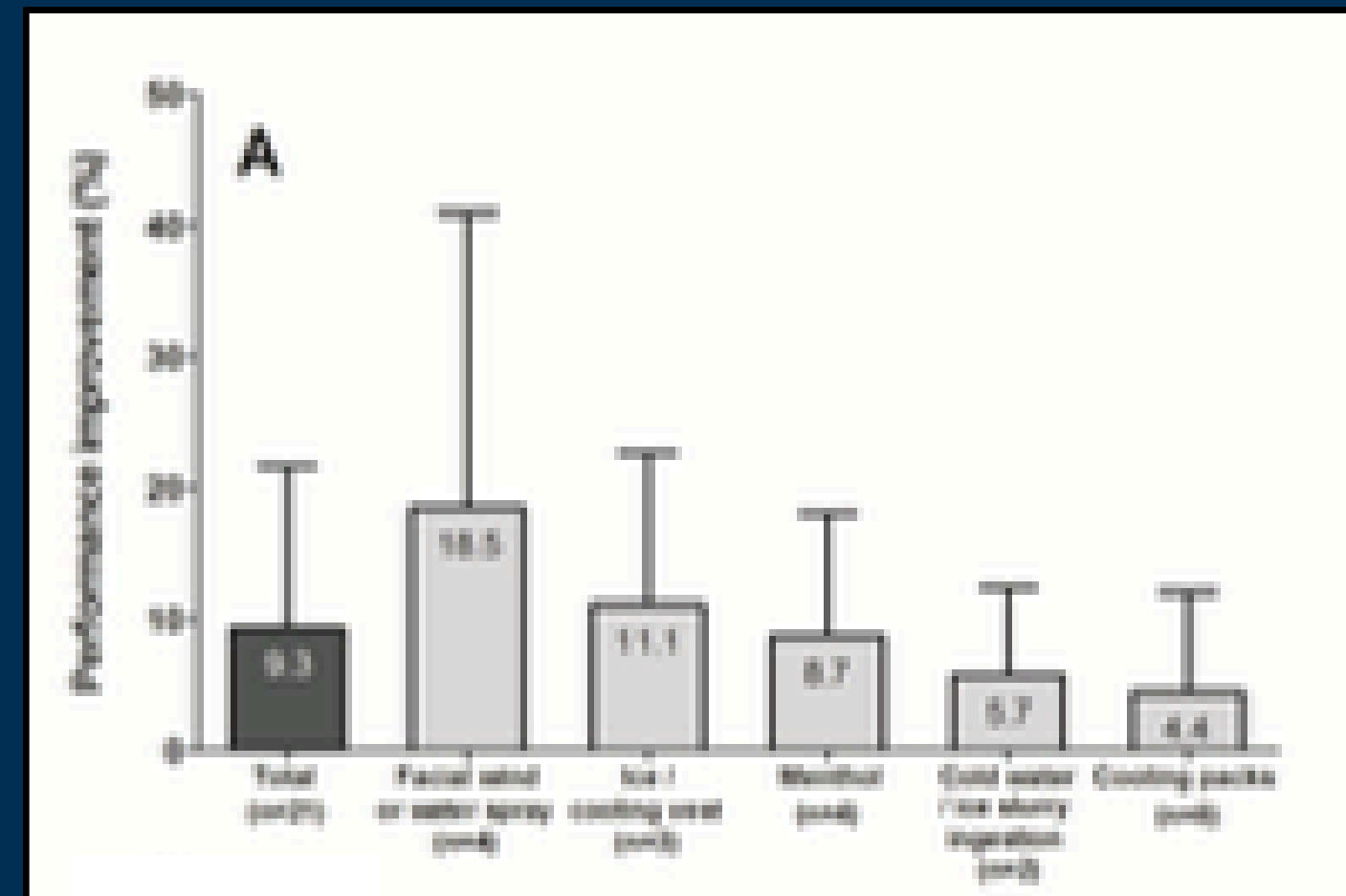
VIILENNYSMENETELMÄT

Ennen suoritusta vai sen aikana?

PRE-COOLING



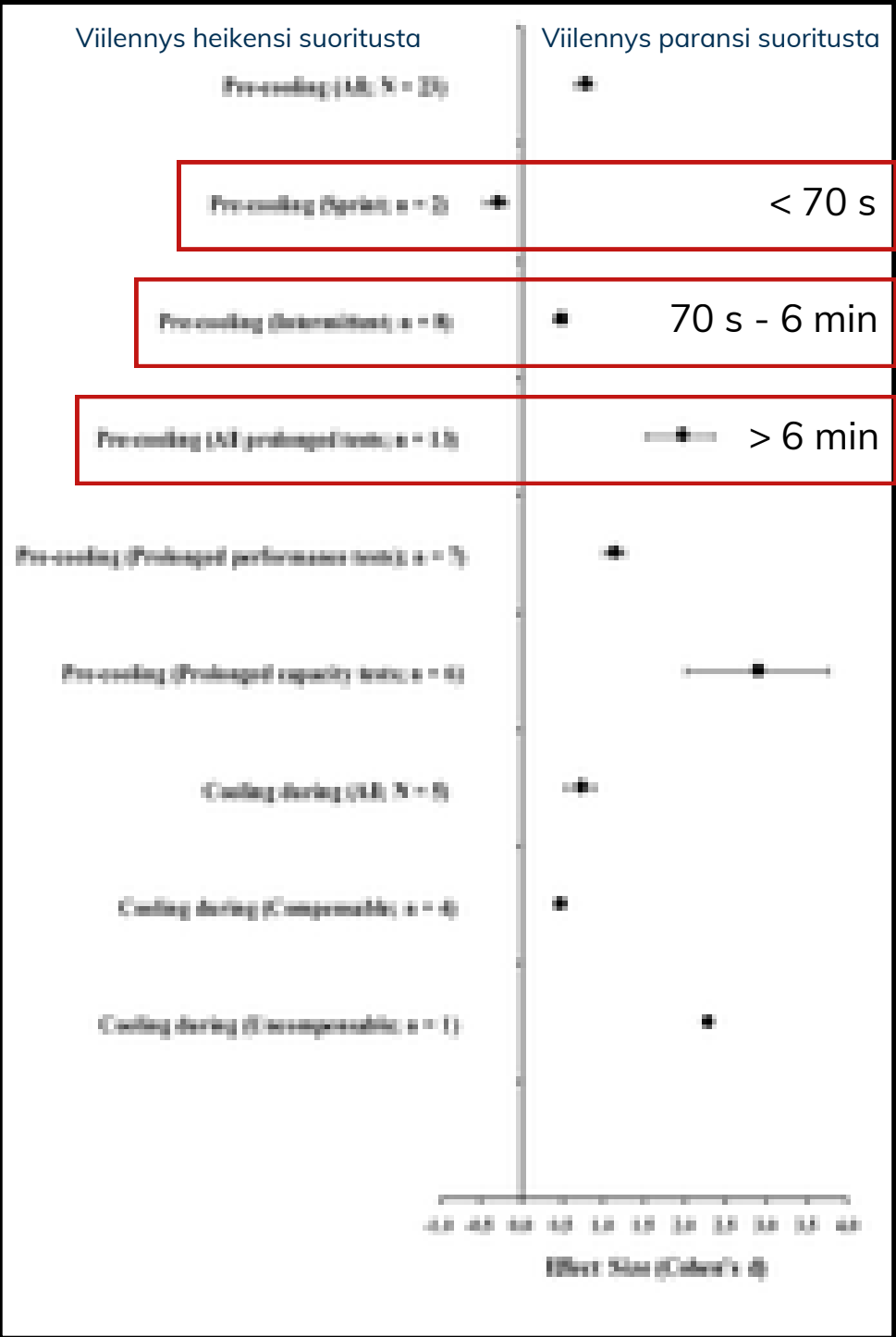
PER-COOLING



Bongers, C. C. W. G., Hopman, M. T. E., & Eijssvogels, 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



Viilennyksen tarpeen määrittää ympäristön lämpötilan lisäksi lajin vaatimukset.

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



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.

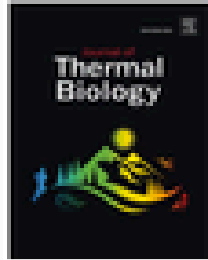
VIILENNYSMENETELMÄT



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,*}

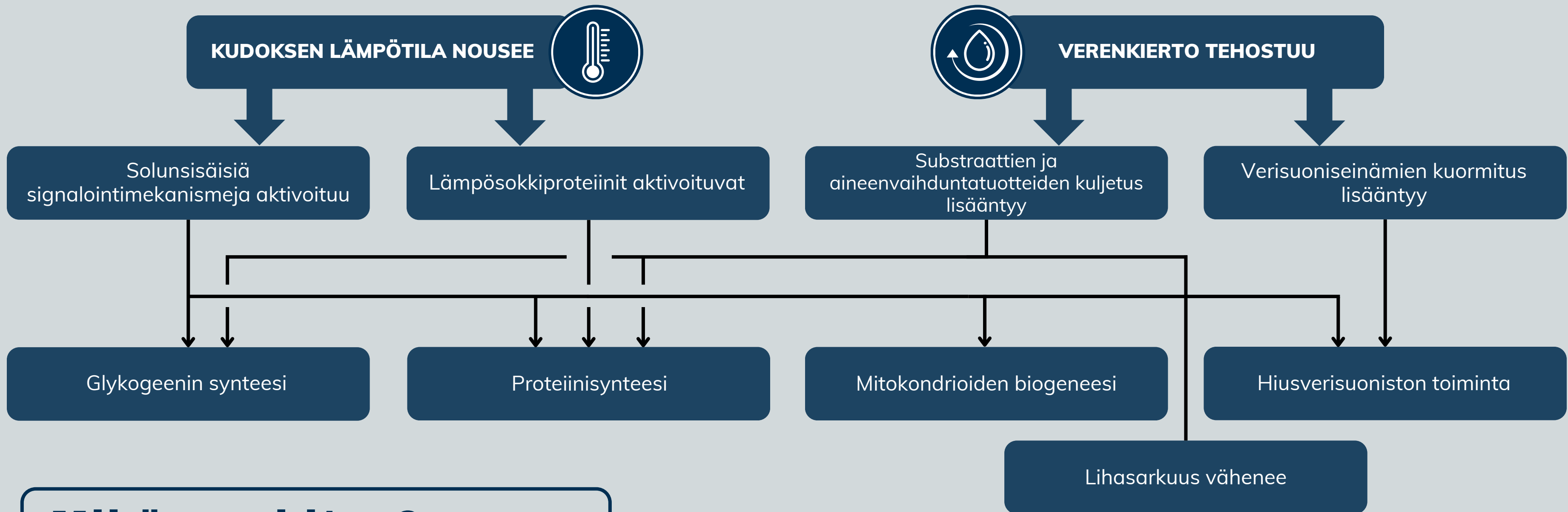
^a Faculty of Physical Activity Sciences, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada
^b School of Kinesiology and Exercise Science, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada
^c Montreal Heart Institute, Montreal, Québec, Canada
^d Research Centre on Aging, Université de Sherbrooke, Sherbrooke,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

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

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

Lämpöpalautumismenetelmät

KUDOKSEN LÄMMITTÄMINEN



Mikä merkitys?

Vasteet suorituskyvyssä ovat olleet vaihtelevia.

KYLMÄ

Suomalainen sotilas on alttiina talven kovimmille pakkasille, mikä haastaa sotilaan toimintakykyä ja terveyttä laaja-alaisesti. Suomi on arktisen sodankäynnin karkiosaaja, mikä edellyttää määrätietoista panostusta olosuhteen syvälliseen ymmärtämiseen ja menetelmien jatkuvaan kehittämiseen.



LIIKUNTA KYLMÄSSÄ



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

Huonompi taloudellisuus ja suurempi hapenkulutus (submax)

Verenpaineen nousu, hypohydration sieto paranee

LIIKUNTA KYLMÄSSÄ



Heikentynyt kognitio (muisti, reaktionopeus, keskittymiskyky)

Heikentynyt hienomotoriikka

LIIKUNTA KYLMÄSSÄ



Lihasvärinä (ja BAT) lisää lämmöntuotantoa ja energiankulutusta

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

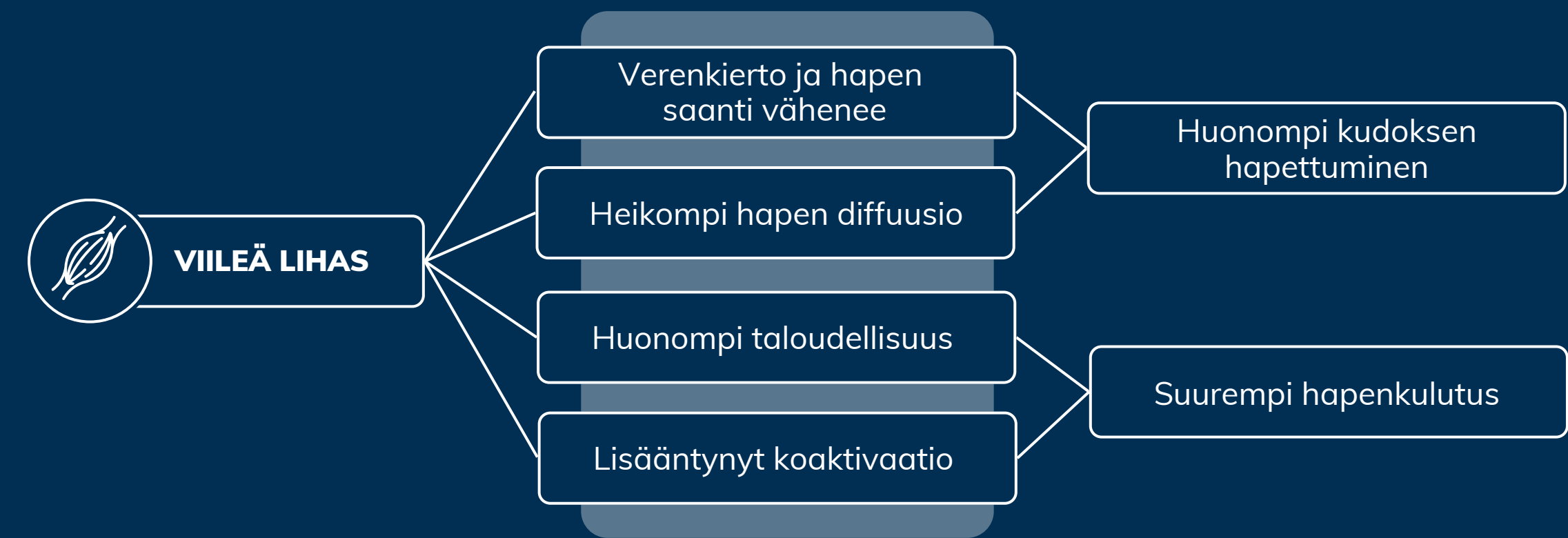
Lisääntynyt rasvojen oksidaatio rasituksessa

Vasokonstriktio / vähäisempi hapen saatavuus ja heikompi taloudellisuus

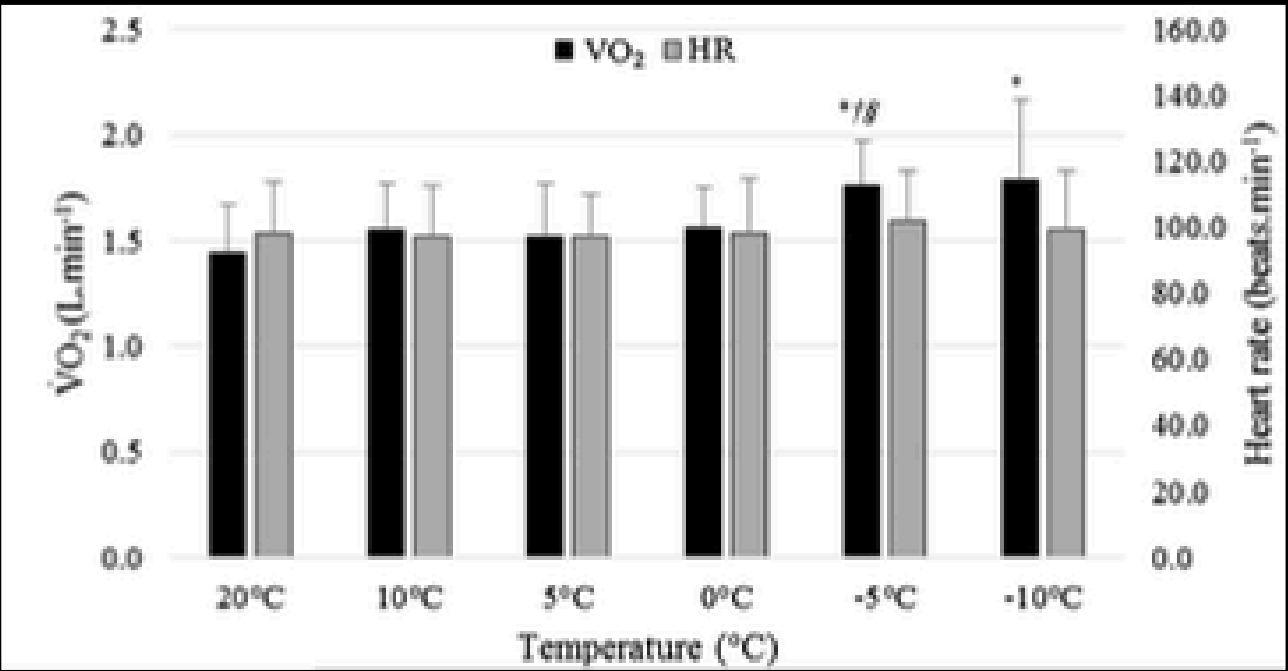
Kylmässä ei ole aina kylmää! Pukeutuminen ja fyysinen aktiivisuus määrittävät lopputuloksen.

KYLMYYDEN VAIKUTUS SUORITUSKYKYYN

VO₂max ei juuri muutu kylmässä, mutta hapenkulutus submaksimaalisessa kuormituksessa nousee lihastyön hyötysuhteen laskiessa (vVO₂max voi laskea).

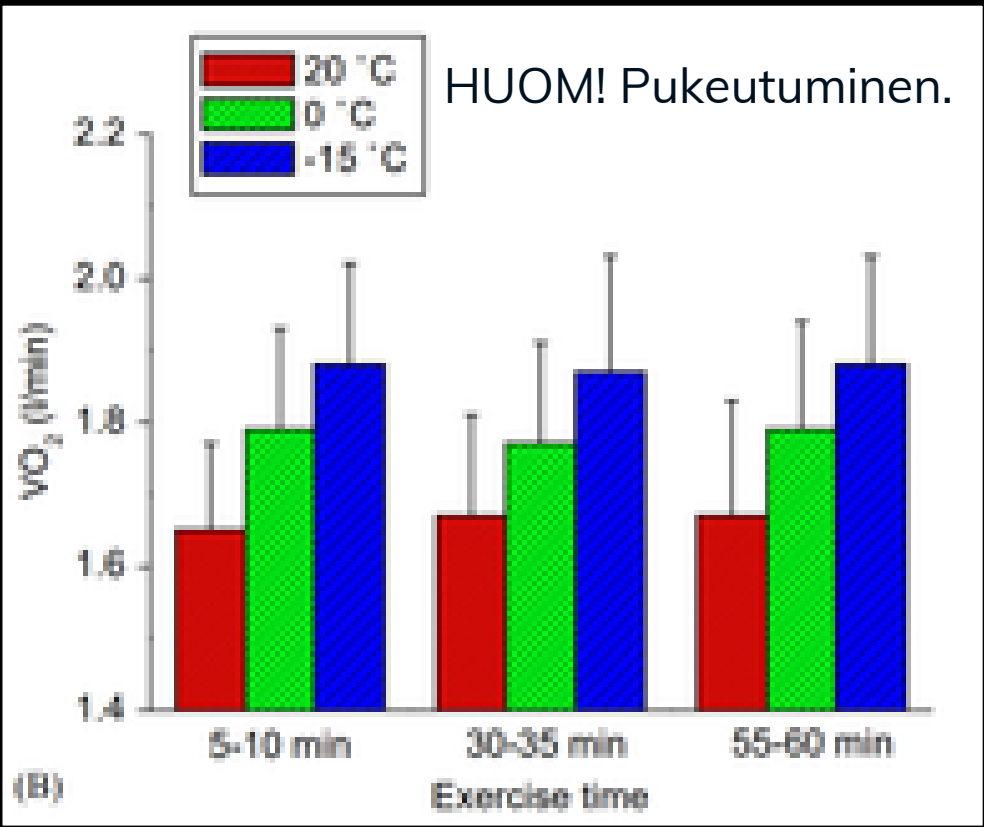


Kävelyä taakalla ja ilman



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.

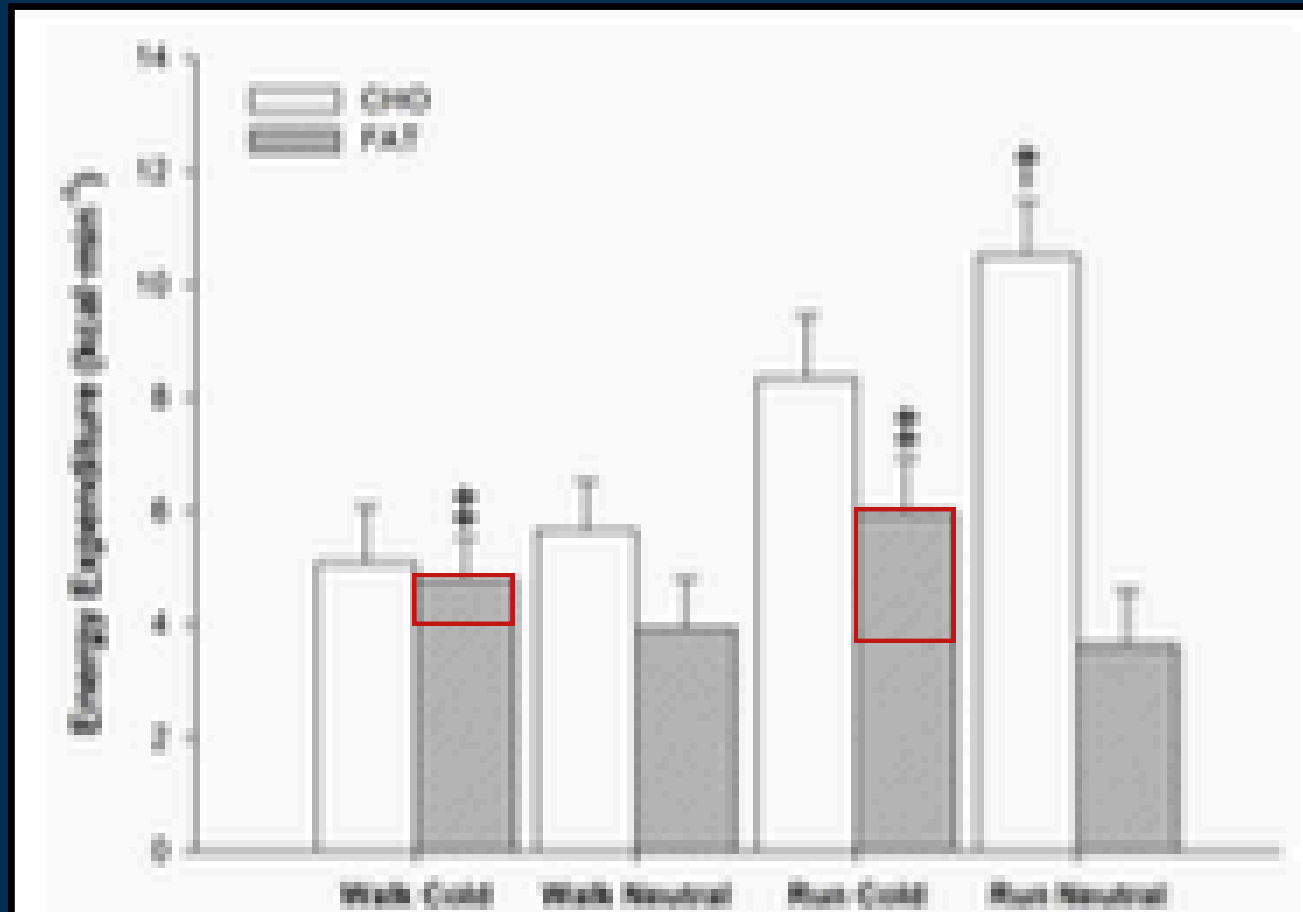
Työskentely 50 % VO₂max:sta



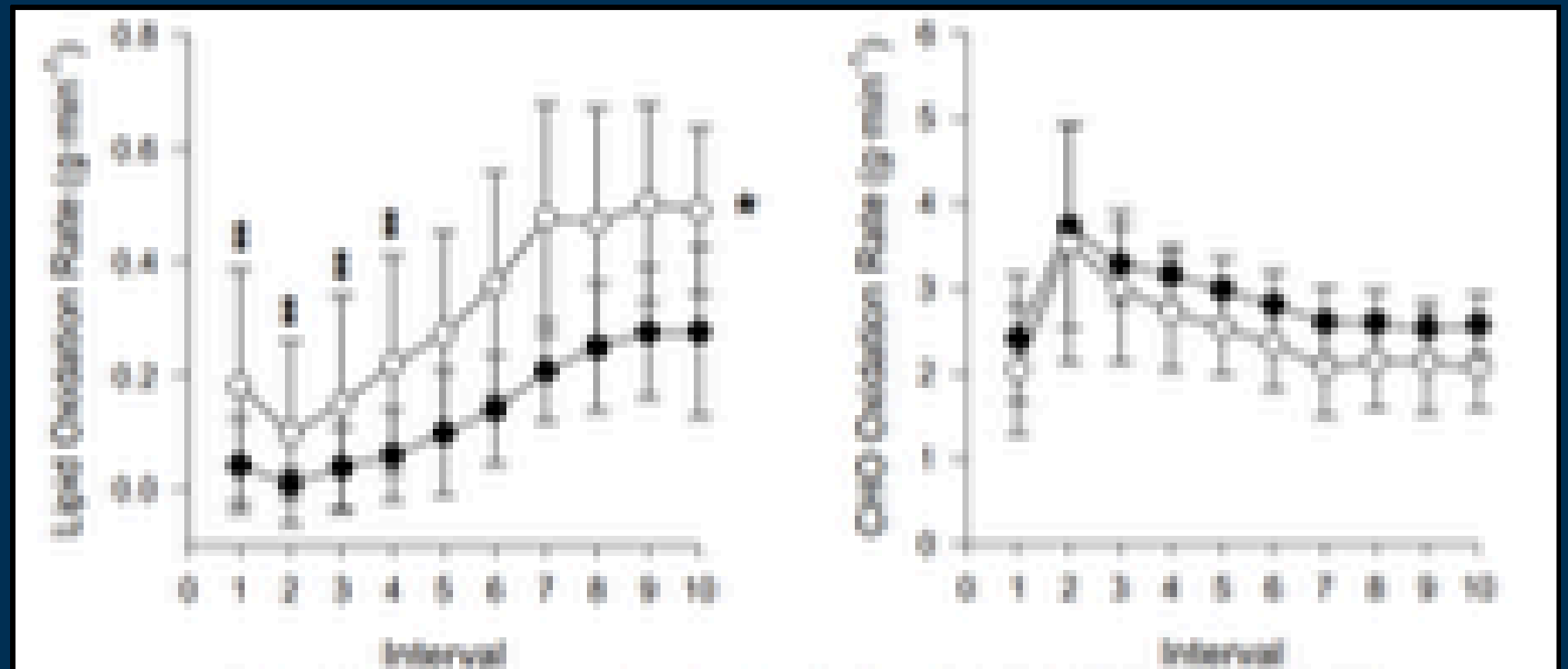
Oksa, J., Kaikkonen, H., Sorvisto, P., Vaappo, M., Martikkala, V., & Rintamäki, H. (2004). Changes in maximal cardiorespiratory capacity and submaximal strain while exercising in cold. Journal of Thermal Biology, 29(7-8), 815–818.

KYLMYYDEN VAIKUTUS SUORITUSKYKYYN

Rasvojen käyttö energianlähteenä lisääntyy sekä matalilla että korkeilla liikunnan intensiteeteillä kylmässä.

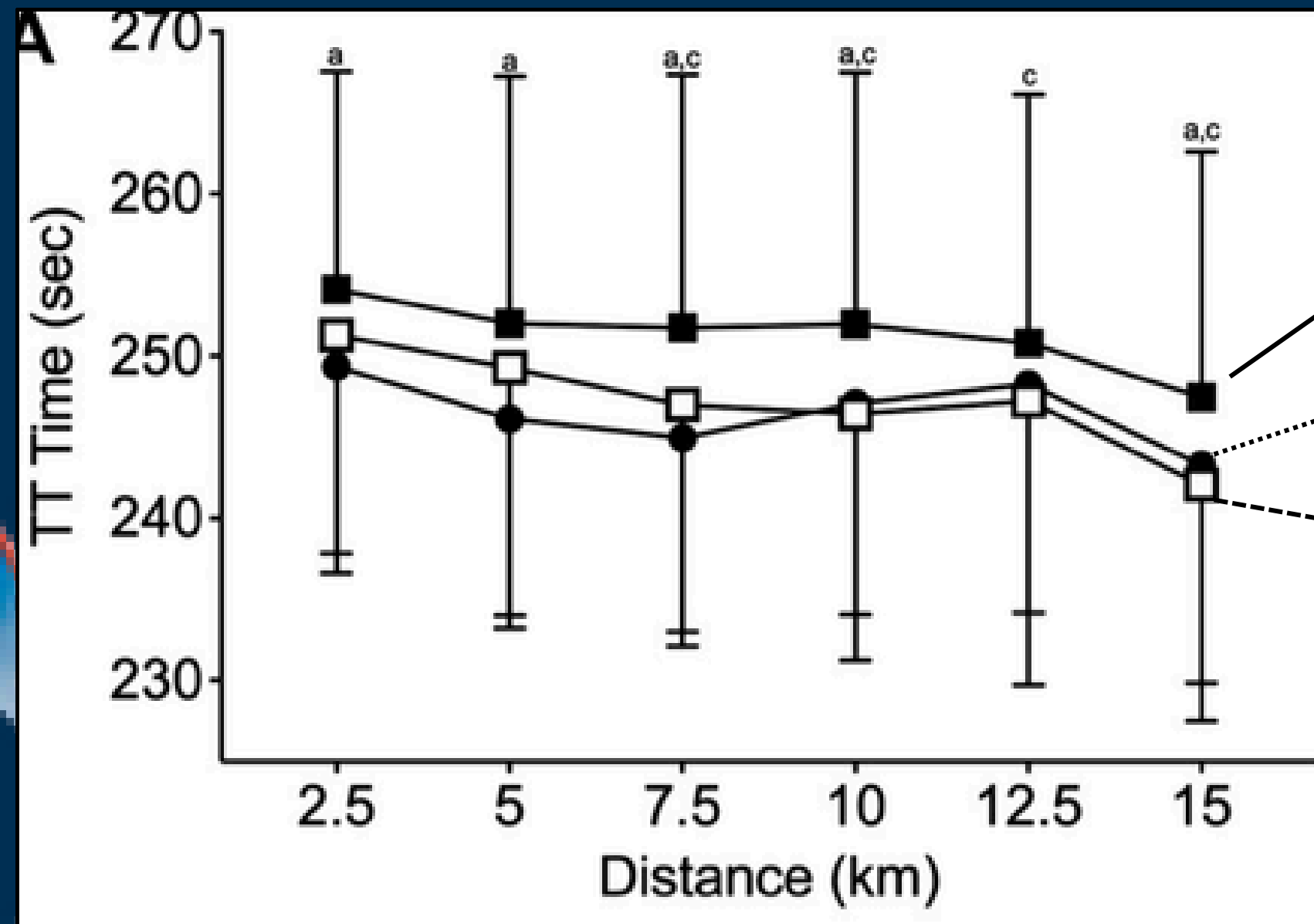


Gagnon, D. D., Rintamäki, H., Gagnon, S. S., Cheung, S. S., Herzig, K.-H., Porvari, K., & Kyröläinen, H. (2013). Cold exposure enhances fat utilization but not non-esterified fatty acids, glycerol or catecholamines availability during submaximal walking and running. *Frontiers in Physiology*, 4.



Munten, S., Ménard, L., Gagnon, J., Dorman, S. C., Mezouari, A., & Gagnon, D. D. (2020). High-intensity interval exercise in the cold regulates acute and postprandial metabolism. *Journal of Applied Physiology*.

KYLMYYDEN VAIKUTUS SUORITUSKYKYYN



Kylmä (0 °C)

Neutraali (20 °C)

Kylmä (°C) + hyperoksia

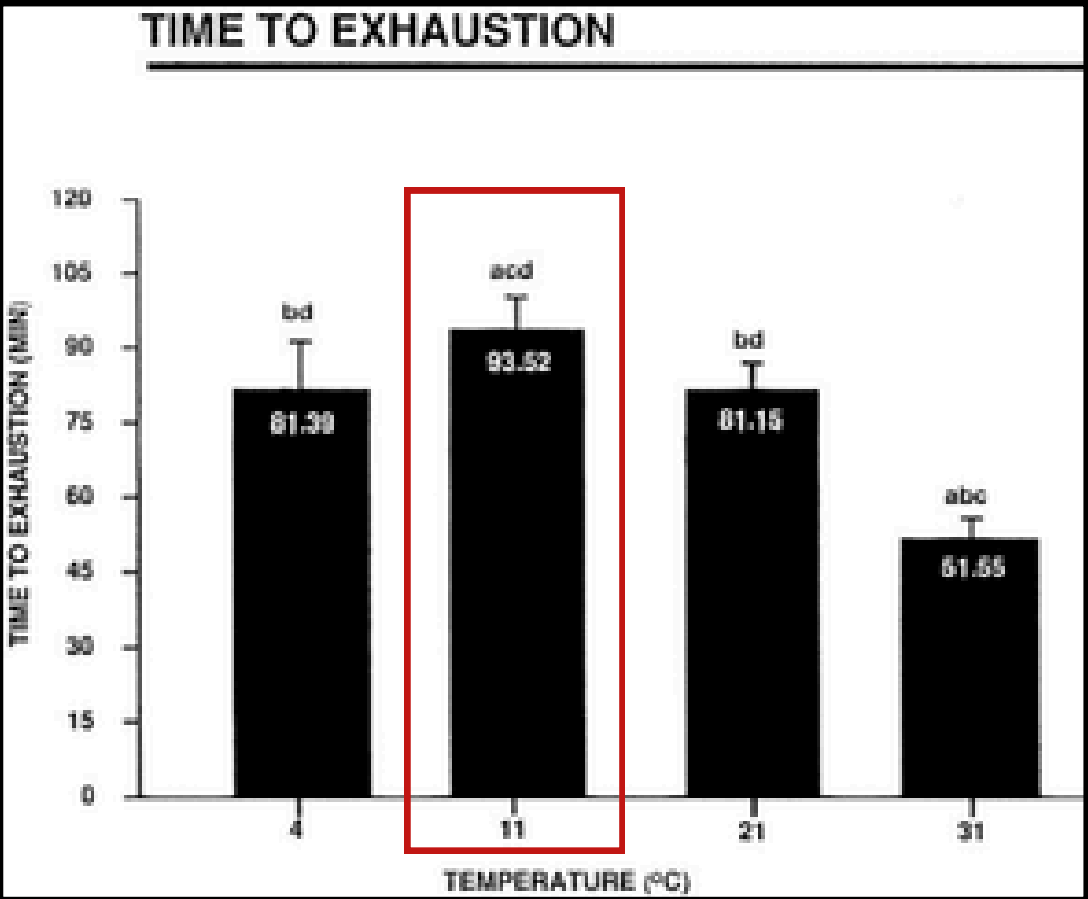
Lisähappi paransi suorituskykyä kylmässä.

KYLMYYDEN VAIKUTUS SUORITUSKYKYYN

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

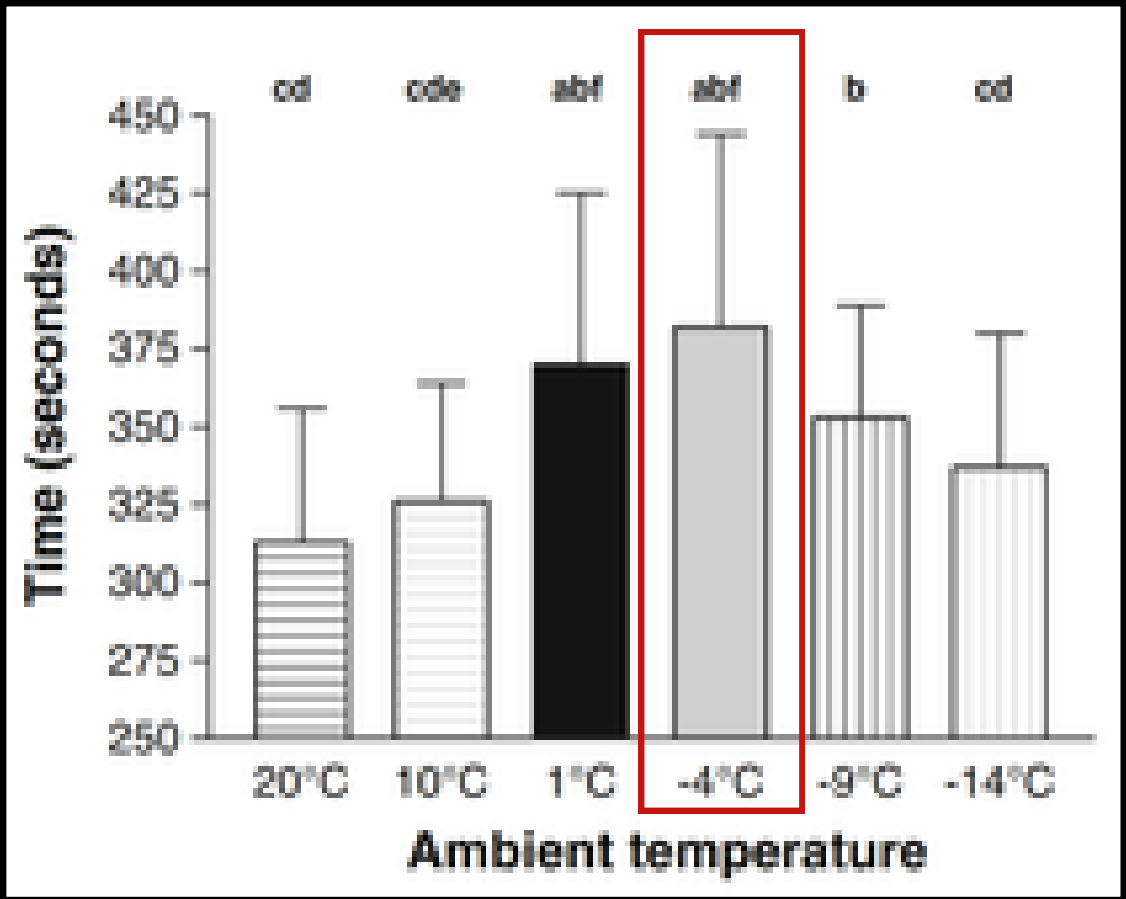


Tutkittavat pukeutuneena shortseihin ja t-paitaan.



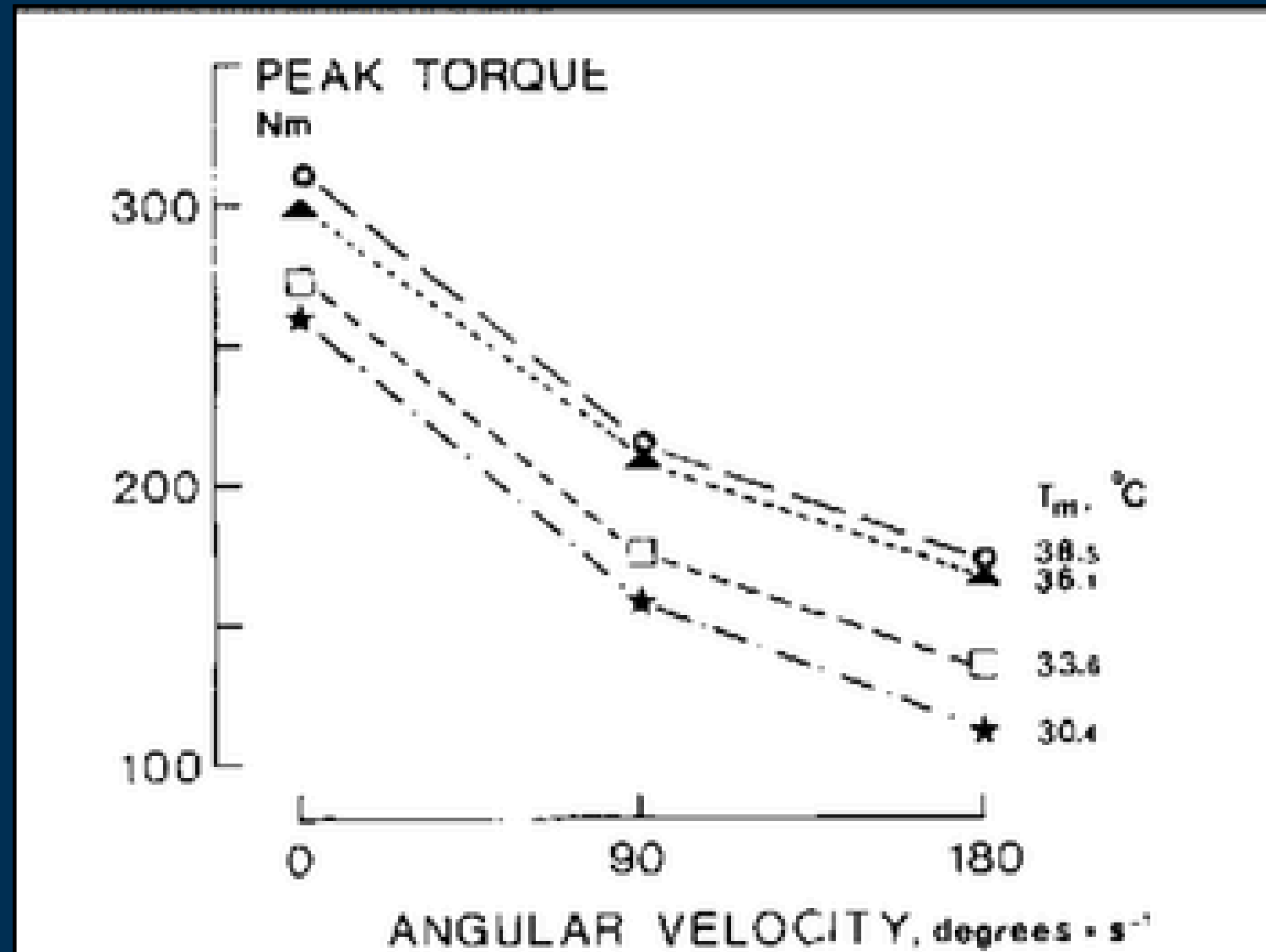
GALLOWAY, S. & MAUGHAN, R. 1997. Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 29(9),1240-1249.

Tutkittavat pukeutuneena hiihtoasuun ja pitkään alusasuun.



Sandsund, M., Saurasunet, 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 PAELTUMAT 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
16 °C	Käden toimintakyky laskee oleellisesti Kipu
12 °C	
	Verenkierron jaksottaista vilkastumista (CIVD)
8 °C	Vaurio voi syntyä pitkäkestoisessa kylmäaltistuksessa Lämmön tuntemus katoaa
4 °C	
0 °C	Kudokset jäätyvät

PAELTUMAT

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



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



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

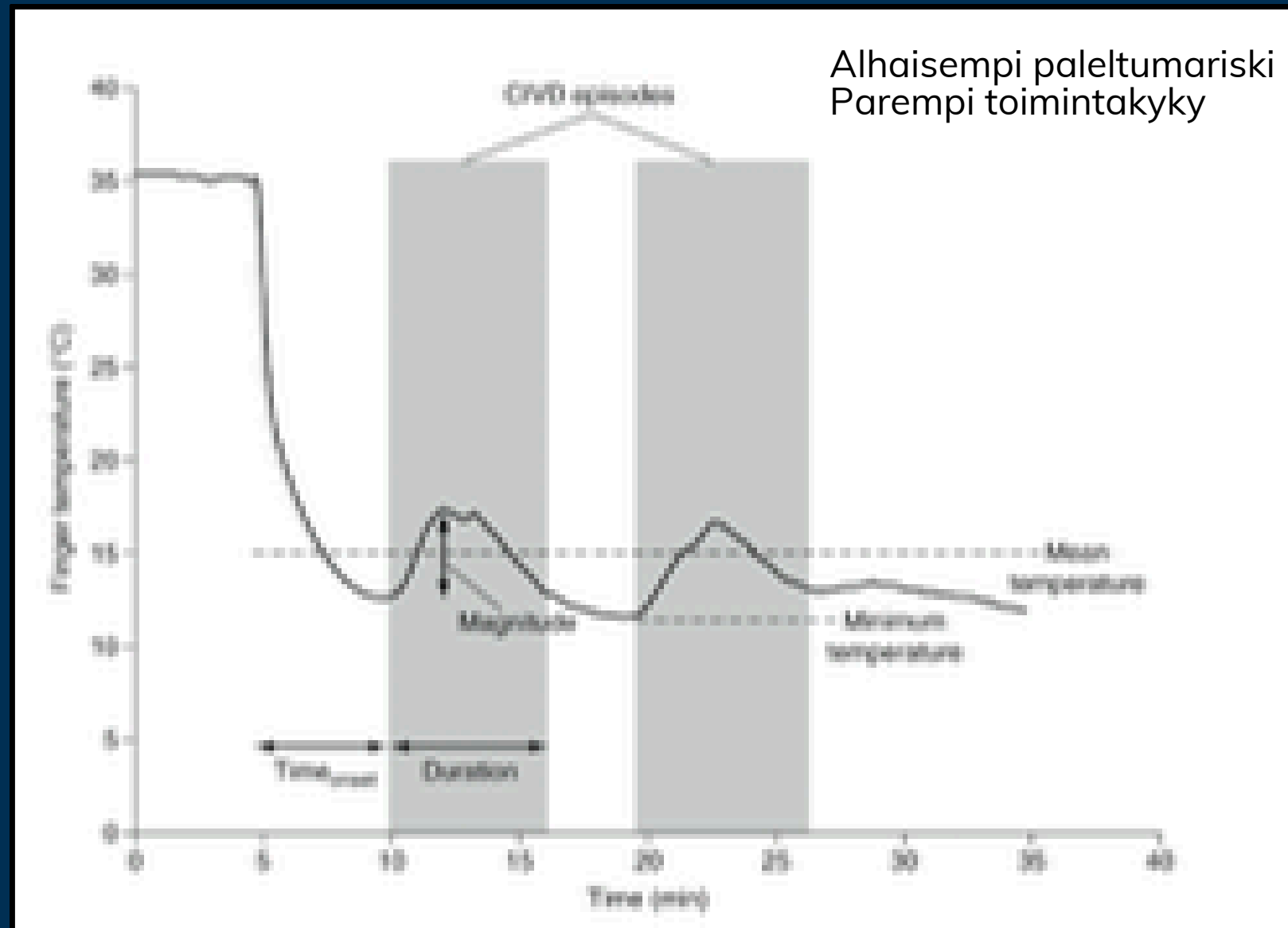


Syvä paeltuma 2: iho muuttuu siniseksi, harmaaksi tai mustaksi kudosten vaurion vuoksi. Tunnottomuutta ja verisiä rakkuloita ilmenee. Kuolleen kudoksen poistaminen voi olla tarpeen.

Upota paeltunut 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 kylmäsoikin, uupumisen tai ääreisosien kylmenemisen ja liikkumiskyvyn menettämisen vuoksi.



35 °C

KYLMETTYNYT, MUTTEI HYPOTERMINEN
Merkittävää lihasvärinää

32 °C

LIEVÄ HYPOTERMIA
Intensiivistä lihasvärinää
Koordinaation merkittävä heikkeneminen
Puhevaikeus
Sekavuus

28 °C

KESKIVAIKEA HYPOTERMIA
Lihasvärinä lakkaa
Sekavuus lisääntyy
Lihasjäykkyys

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 hengittää.
- Jalkojen talkitseminen ja sukkien vaihto.

Sotilaiden lisäksi riskiryhmässä esimerkiksi vaeltajat ja ultrajuoksijat.



EIB – RASITUKSEN AIHEUTTAMA KEUHKOPUTKIEEN SUPISTUMINEN

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

Erityisesti kylmä ja kuiva ilma, siitepöly, ilmansaasteet sekä hengitystieinfektiot 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 suorituskyyä!

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 suorituskyyä.
 - Kovatasoisilla kestävyysurheilijoilla nenähengitys voi rajoittaa jo matalatehoista harjoittelua.
- Käytä maskia tai huivia suun ja nenän suojana.
- Tarkkaile ensioireiden, kuten yskimisen, alkamista.

LIIKUNNAN **JÄLKEEN**

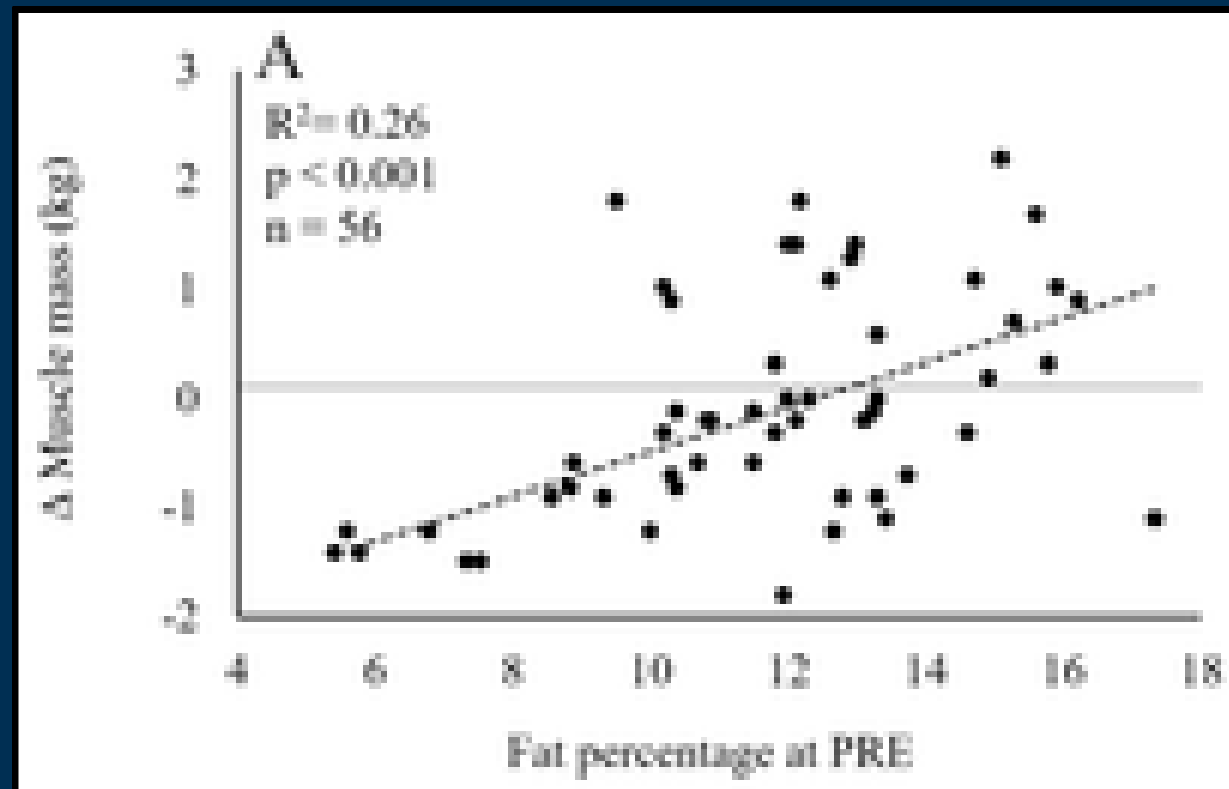
- Pidä inhalaattori saatavilla (pahimmat oireet ilmenevät usein 10-15 minuuttia liikunnan jälkeen).
- Jos oireet kestävät yli 90 minuuttia, hakeudu oireenmukaiseen hoitoon.

ENERGIATASAPAINO KYLMÄSSÄ

Usein energiankulutus lisääntyy kylmässä. Energiankulutusta lisäävät:

- Lihasvärinä
- Termogeneesi
- Tahdonalaisen lihaskaktiivisuuden lisääntyminen
- Liikunnan taloudellisuuden heikkeneminen
 - Yksi kilogramma vaatetta lisää energiankulutusta n. 3 %
 - Jokainen ylimääräinen vaatekerros lisää energiankulutusta n. 4 %
 - Lumi / jää

Energiavaje → Energiaa kehon kudoksista → Lihasmassan lasku → Suorituskyvyn lasku



Voiko rasvakudos suojata lihasmassan (ja suorituskyvyn) laskulta?

Borgenström, J., Kyröläinen, H., Pihlainen, K., Vaara, J. & Ojanen, T. 2023. Effects of male paratroopers' initial body composition on changes in physical performance and recovery during a 20-day winter military field training. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism.



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.



NST lisääntyy

Lihaskvärinä lisääntyy



Vasokonstriktio lisääntyy



Vasokonstriktio vähenee

CIVD tehostuu (ehkä)

Lihaskvärinä vähenee

Lämpömukavuus lisääntyy

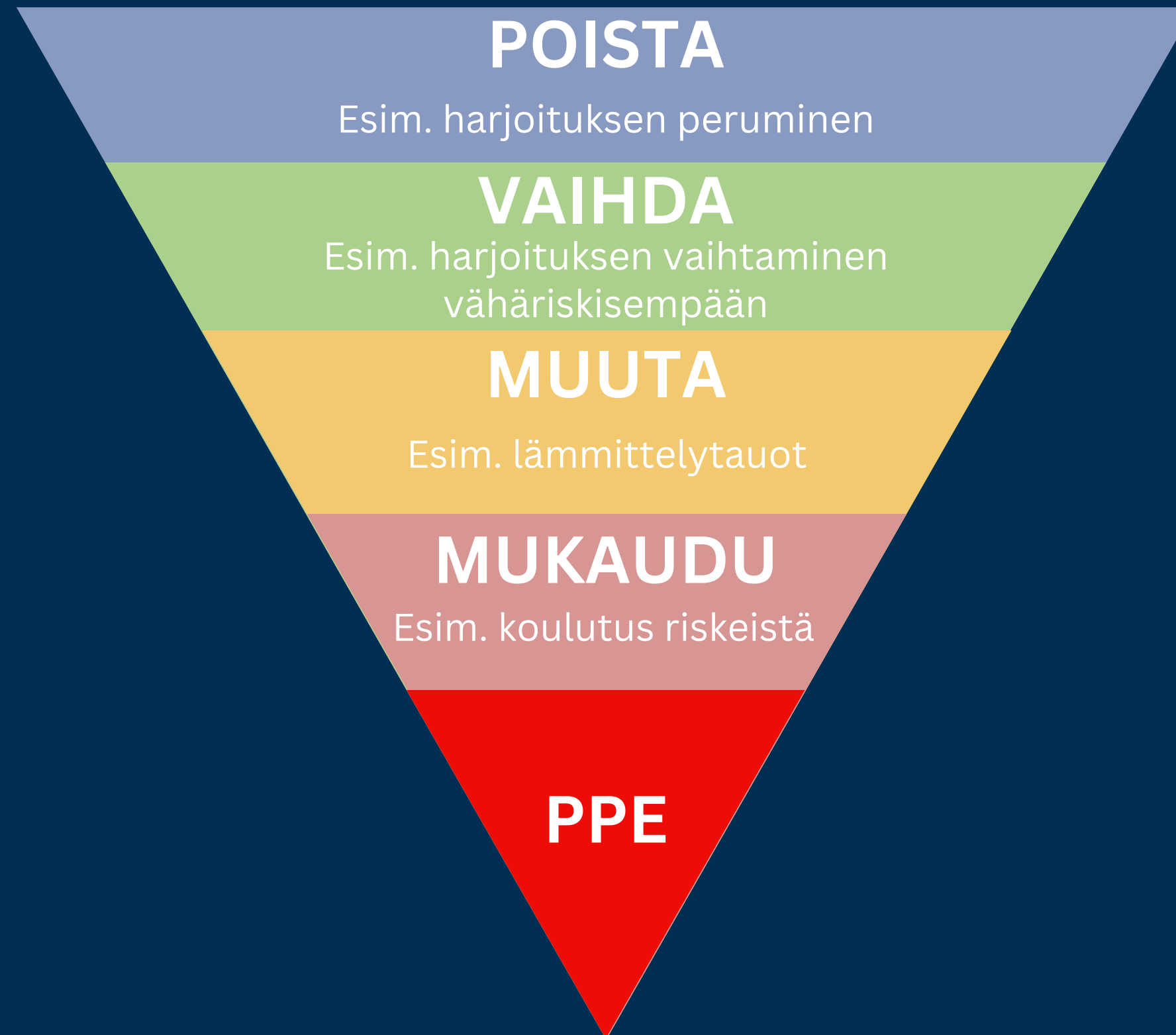
KYLMÄÄN SOPEUTUMINEN

Käytössä olevat vaihtoehdot sopeutumiselle

Suurin saavutettava hyöty ja
vähäinen yksilön vastuu

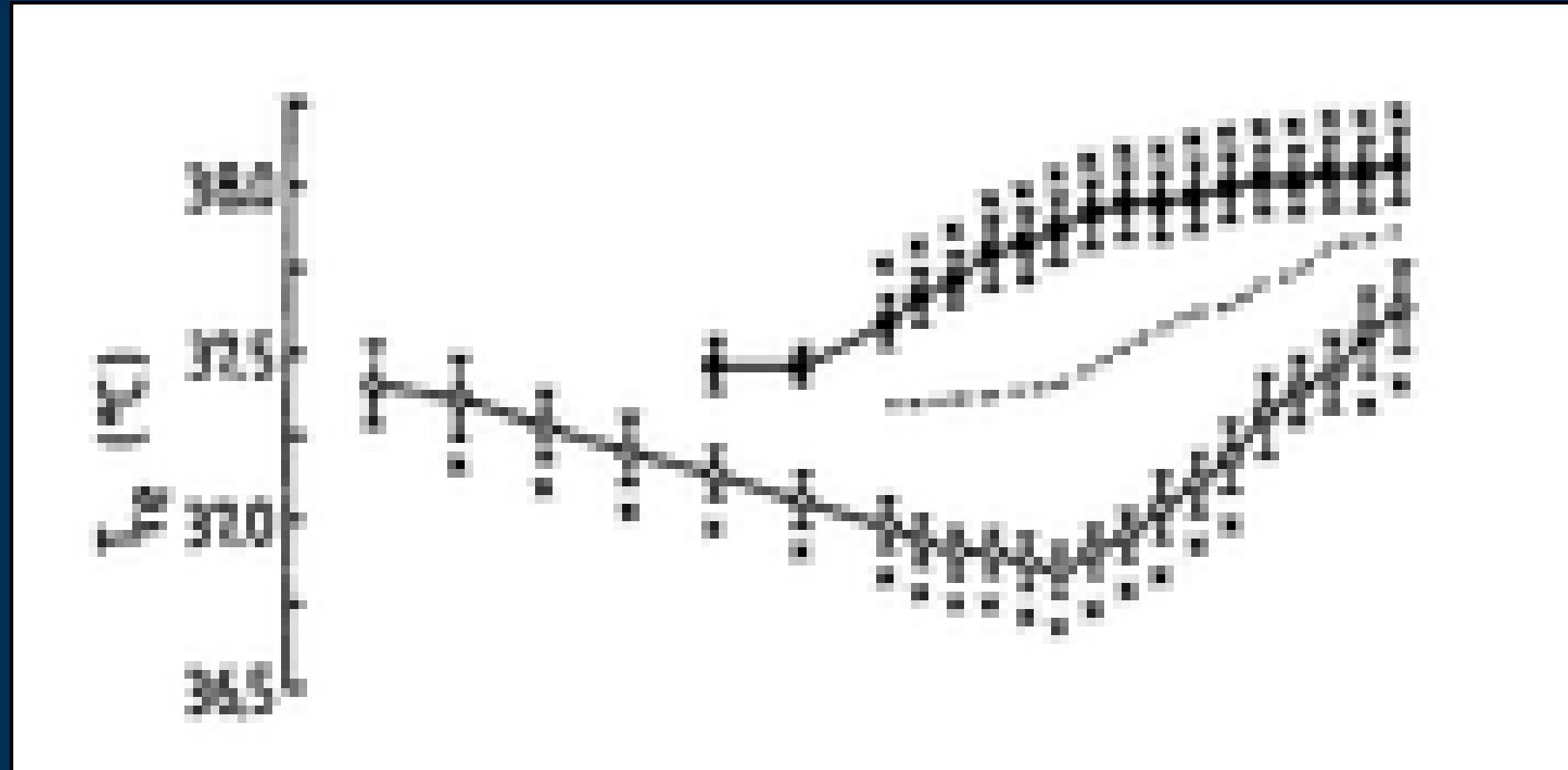


Pienin saavutettava hyöty ja
suuri yksilön vastuu



LÄMMITTELY JA ESILÄMMITYS

Lämmittelyn merkitys korostuu kylmässä, mutta ehkä esilämmitystäkin voi harkita?



Steady-state VO₂ oli alhaisempi lämmittely- ja esilämmityskerroilla
→ Vähemmän hapenkulutusta samalla ulkoisella työllä

KYLMÄPALAUTUMISMENETELMÄT



DOMS, tulehduksen merkkiaineet ja lihasvaurion markkerit laskevat.

PALAUTUMISEN MERKKIAINEET



DOMS, tulehduksen merkkiaineet ja lihasvaurion markkerit laskevat.

SUORITUSKYKYVYN PALAUTUMINEN

Kylmävesiupotus voi tehostaa kestävyysuorituskyvyn 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 kestävyysuoritusuuteen liittyviä soluvasteita, kuten uusien mitokondrioiden muodostumista. Erityistä hyötyä tai haittaa suorituskykyyn ei ole kuitenkaan havaittu.



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