



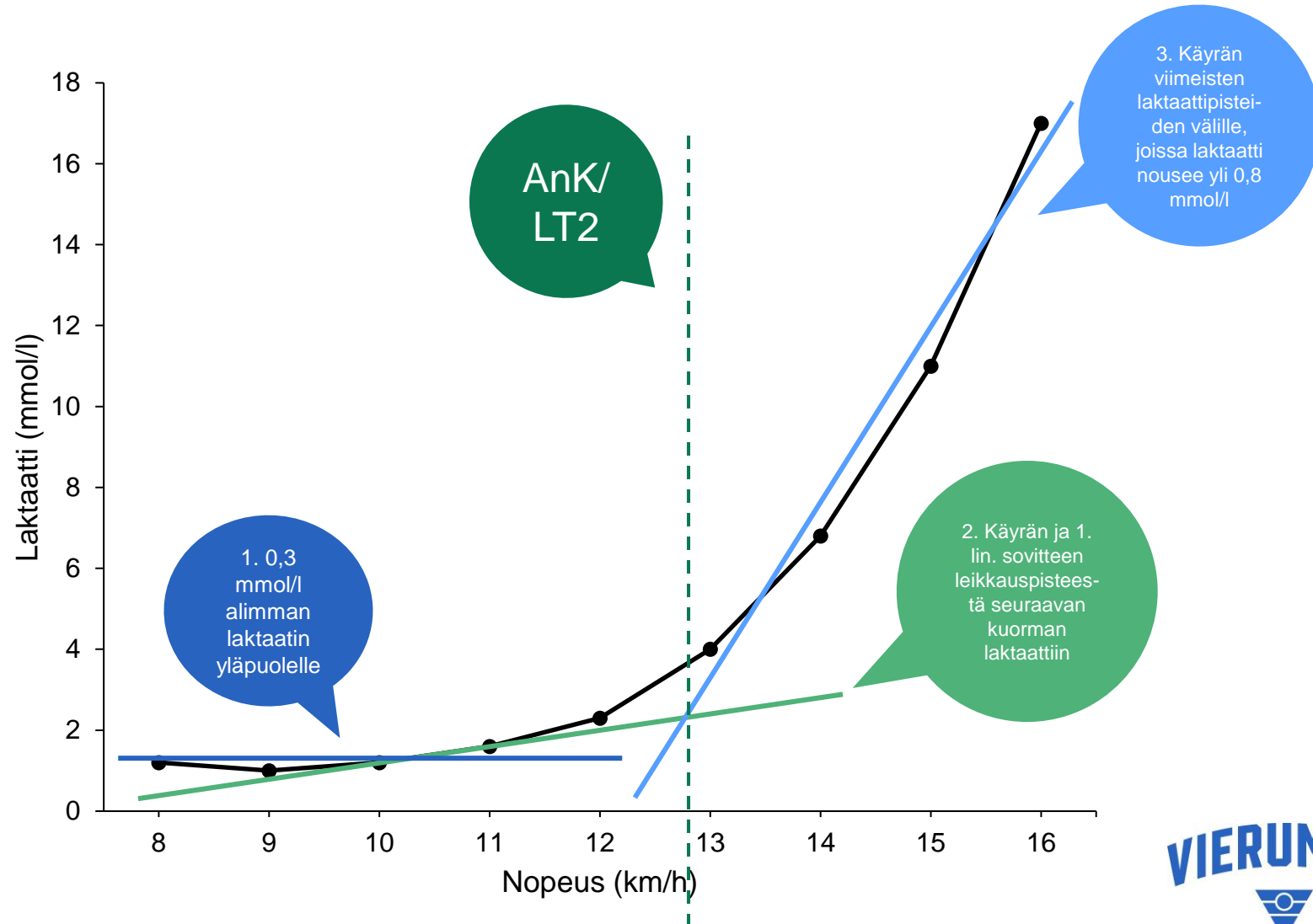
Anaerobisen kynnyksen yhteys maksimaaliseen laktaatin tasapainoon (MLSS)

Ilona Hiltunen & Viivi Kainlauri-Tani



Suomen Melonta- ja Soutuliitto

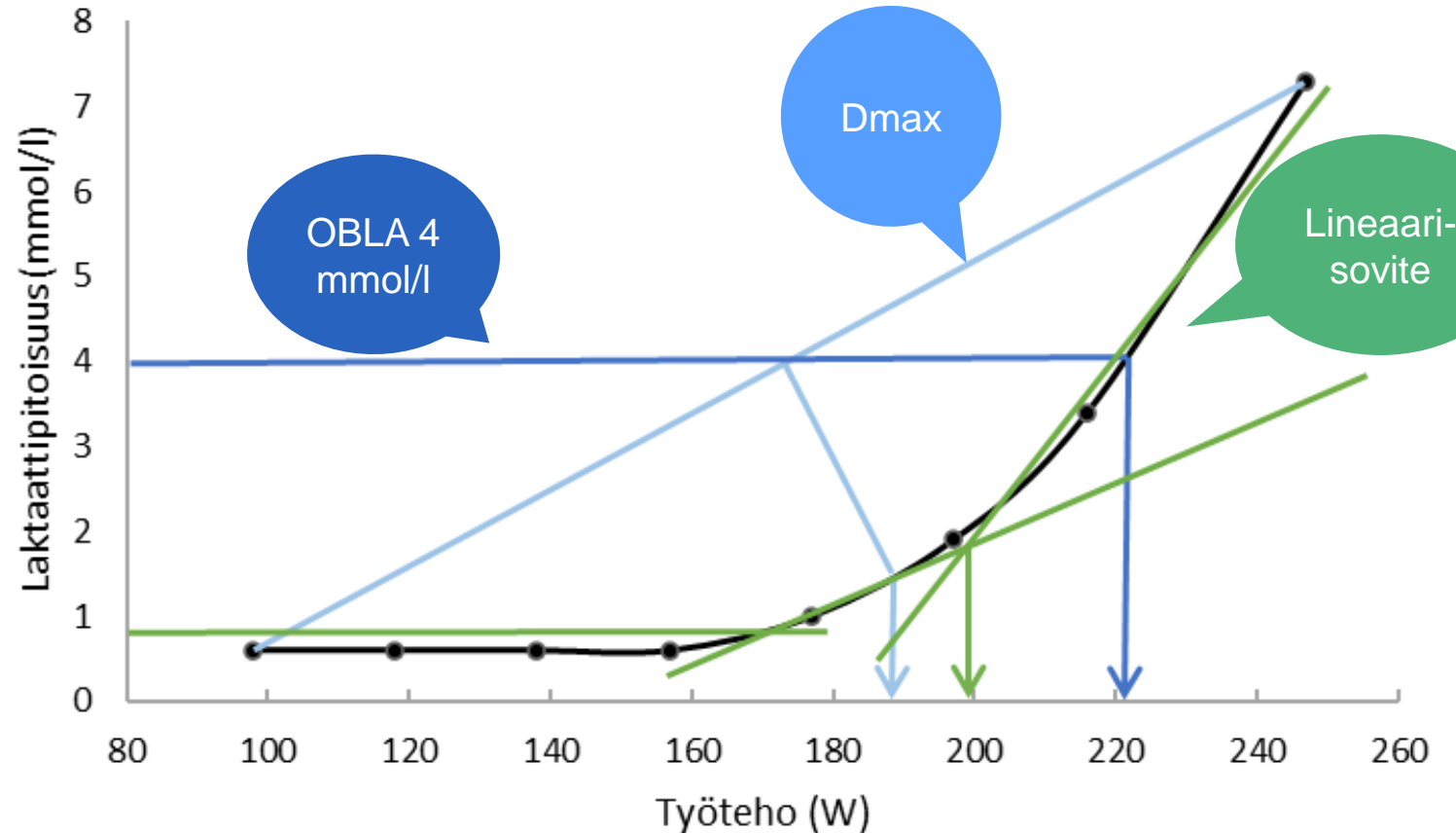
Lineaarisovitemenetelmä



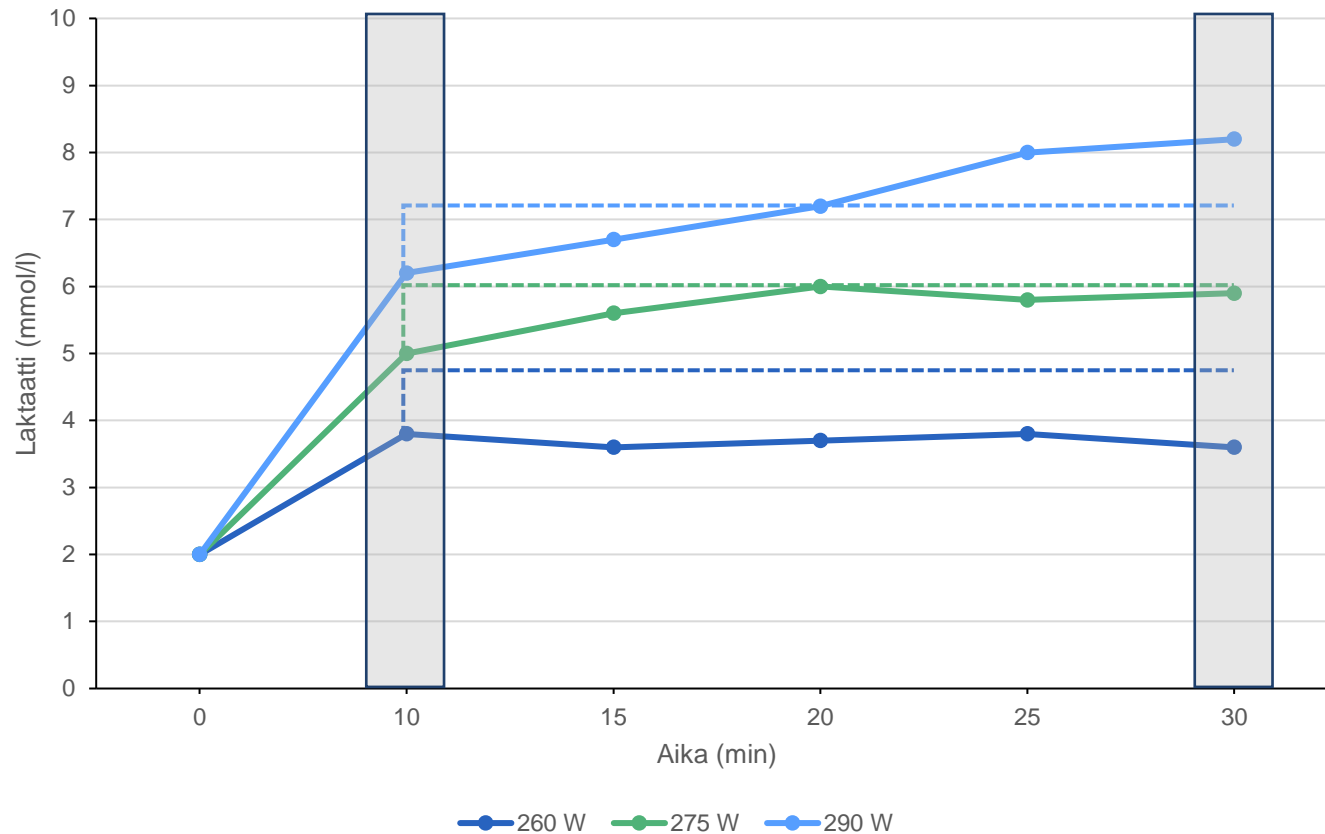
Lähde: mukailtu Nummela & Peltonen 2018

Muita AnK:n määrittämissä menetelmiä

- ✓ Perinteisesti kynnyksmääritys perustuu laktaattimittauksiin ja/tai hengityskaasumittauksiin (Faude ym. 2009; Ferguson ym. 2018; Nummela & Peltonen 2018; Svedahl & MacIntosh 2003)
- ✓ Esimerkkejä muista määrittämissä tavoista
 - Kiinteät kynnyksarvot (esim. 4 mmol/l ja 3 mmol/l) (Bosquet ym. 2002; Bourdon 2013; Svedahl & MacIntosh 2003)
 - Dmax (Cheng ym. 1992)
- ✓ Erilaiset määrittämissä menetelmät voivat tuottaa erilaisia kynnyksarvoja (Ferguson ym. 2018)



Maksimaalinen laktaatin tasapaino (MLSS)



Lähde: Mukailtu Pallarés ym. 2016

- ✓ Työteho, jossa elimistö tuottaa ja poistaa laktaattia yhtä paljon (Heck ym.1985; Beneke 2003; Faude ym. 2009)
- ✓ 30 minuutin suorituksessa veren laktaatti nousee korkeintaan 1 mmol/l viimeisen 20 minuutin aikana (Heck ym. 1985; Beneke 2003).
- ✓ Laktaattipitoisuus MLSS-tasolla on yksilöllinen (Heck ym.1985; Beneke ym. 2000; Billat ym. 2003; Smekal ym. 2012; Faude ym. 2017).

MLSS ja anaerobinen kynnys

MLSS:ää pidetään anaerobisen kynnyksen kriteerinä (Beneke 2003; Billat ym. 2003; Binder ym. 2008; Bourdon ym. 2018).

Kynnysmäärittämissä ja suoran testin protokollia on tutkimuksissa useita erilaisia ja ne tuottavat toisistaan ja MLSS:n määrittämisestä poikkeavia tuloksia (Beneke 1995; Beneke 2003; Bourdon ym. 2018; Hauser ym. 2014; Jamnick ym. 2018; Possamai ym. 2021; Yaeger ym. 2018).



VERTAILU ON HANKALAA

Kainlauri (2019)

Tavoite: vertailla anaerobista kynnystä MLSS-tasoon ja tutkia tasavauhtisen juoksusuorituksen toistettavuutta

Aineiston keräys

- Mitattavat muuttujat
 - Laktaatti
 - Syke
 - Hengitysmuuttujat (VO_2 , VCO_2 , VE, RPE)
 - RPE

MLSS-kuormitukset

- 3 kpl tasavauhtisia 30 min kuormituksia
 - Vauhti: anaerobinen kynnys
 - Pysähdykset 10, 15, 20 ja 25 min kohdalla

Maksimitesti

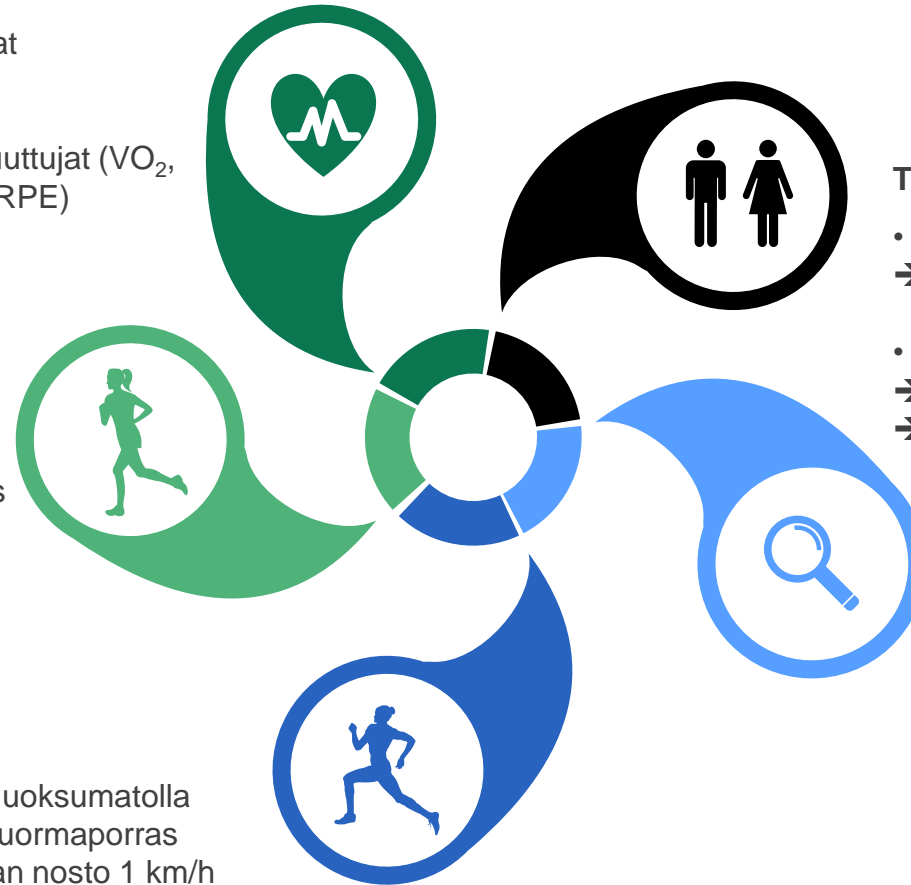
- VO_2 max-testi juoksumatolla
 - 3 min kuormaporras
 - Kuorman nosto 1 km/h
- Määritettiin anaerobinen kynnys (LT2)
 - Lineaarisuoramenetelmä (K-Lab)

Tutkittavat

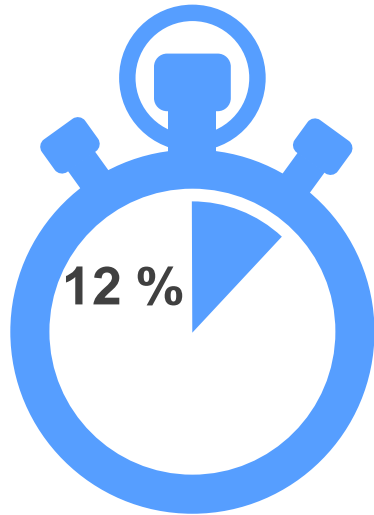
- n = 31 hlö (miehet 14 hlö, naiset 17 hlö)
→ 6 keskeytti tutkimuksen
- Kestävyysharjoitelleet henkilöt
→ VO_2 max miehet 52,9 ml/kg/min
→ VO_2 max naiset 50,1 ml/kg/min

Tutkimusasetelma

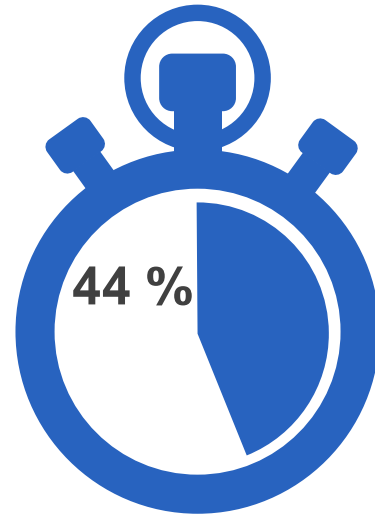
- Juoksumatolla
- VO_2 max-testi + 3 tasavauhtista kuormitusta
- Mittauskertojen välinen aika 3-5 vrk



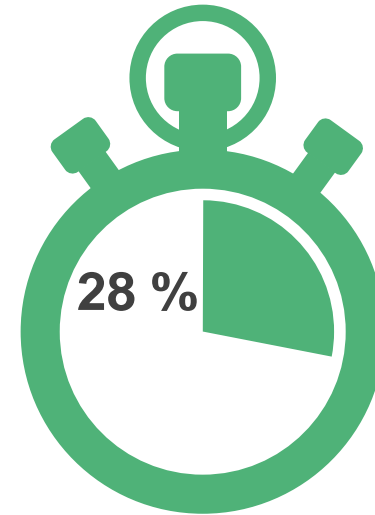
Lineaarisuoramenetelmä VS MLSS



Erotus < 0
Alle MLSS



$0,0 \leq \text{Erotus} \leq 1,0$
MLSS



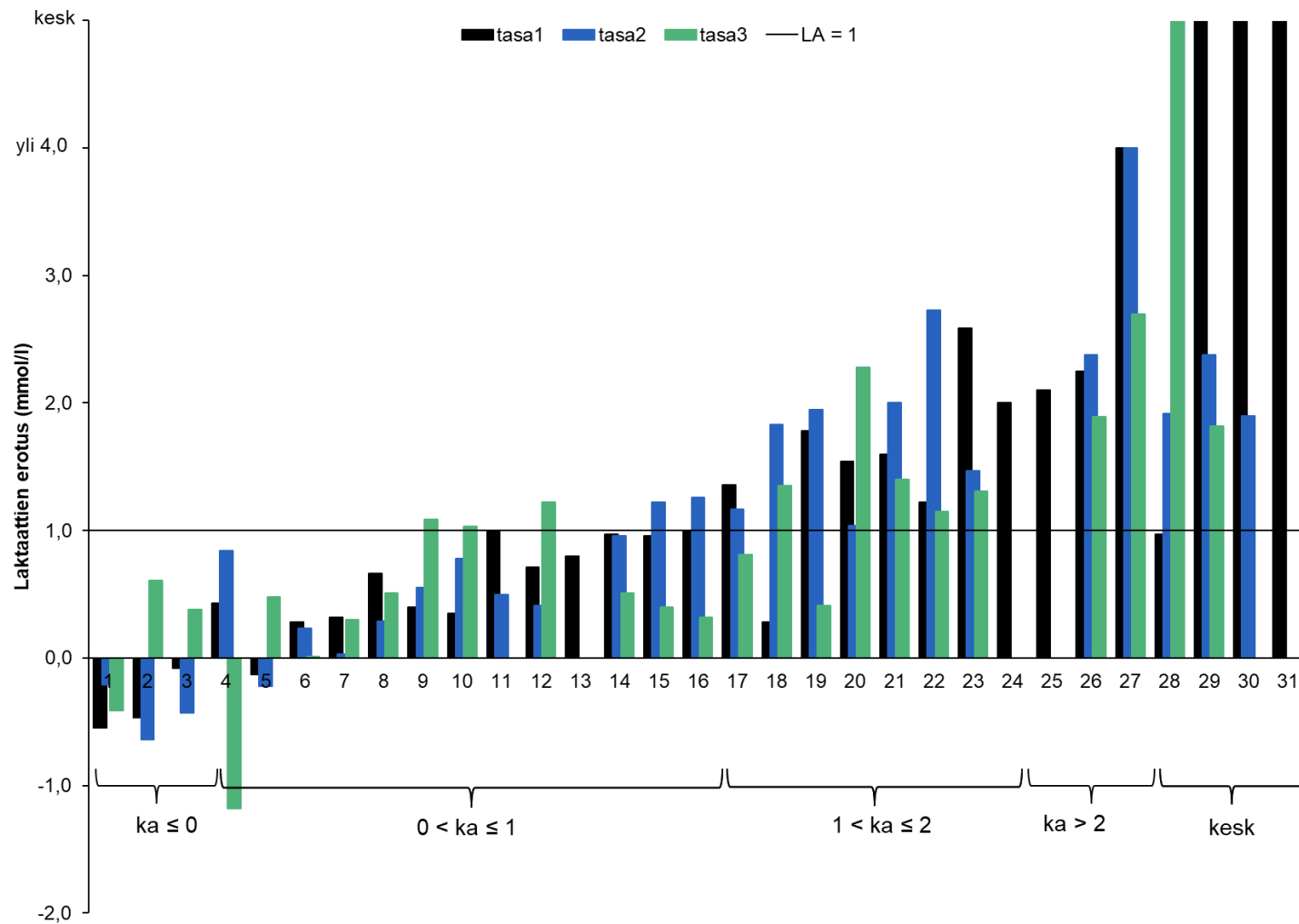
$1,0 < \text{Erotus} \leq 2,0$
Yli MLSS



Erotus > 2,0 tai kesk
Yli MLSS

Lineaarisovitteella määritetyn anaerobisen kynnyksen vauhti on MLSS, jos tasavauhtisen kuormituksen 30 min ja 10 min laktaatin erotus on 0 ja 1 välillä. Tässä kaaviossa on esitetty keskiarvoerotus kolmesta kuormituksesta (n=25).

Yksilöllinen vaihtelu



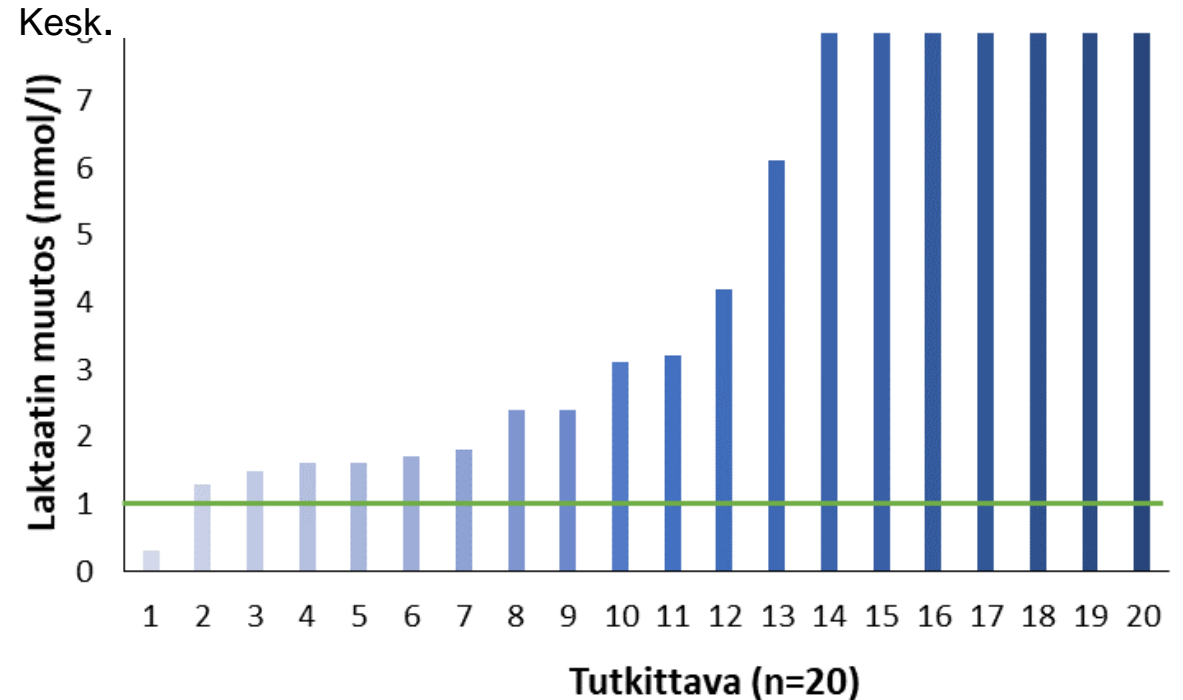
Hiltunen (2023)

- Tavoite
 - Selvittää voiko VO_{2max} -testistä määritetystä AnK:sta ennustaa MLSS:n
- Menetelmät
 - n=21 kilpasoutajaa (12 naista VO_{2max} 3,1 l/min, 9 miestä VO_{2max} 4,4 l/min)
 - Vo_2max -testi, josta määritettiin AnK viidellä eri menetelmällä
 - 3 tasavauhtista 30 min testiä, joista määritettiin MLSS
 - Ensimmäinen tasavauhtinen testi tehtiin lineaarisovitemenetelmällä määritetyllä AnK-teholla. Jos testi oli yli tai alle MLSS-tehon määritelmän, tehoa muutettiin seuraavaan testiin.
 - Mitatut muuttujat: La, syke, VO_2 , VCO_2 , VE, RPE



Tulokset (Hiltunen 2023)

- 95 % ei saavuttanut MLSS:a lineaarisovitemenetelmällä määritetyllä AnK-teholla (kuva).
- Lineaarisoivite-, $\text{mod}D_{\text{max}}$ - ja OBLA (3 ja 4 mmol/l) -menetelmillä määritetyt kynnykset erosivat MLSS-tehosta.
- D_{max} -menetelmällä määritetty kynnyks vastasi keskimäärin MLSS-tehoa.
- Lineaarisoivite-, D_{max} -, ja OBLA (3 mmol/l) menetelmillä määritetty AnK:tä vastaava syke ei eronnut MLSS-teholla tehdyn testin sykkeestä.



Pohdinta



Erilaiset
kuormitusprotokollat

Erilaiset
kynnysmäärittäminenmenetelmät



Matemaattisen mallin
soveltuvuus erilaisille
käyrille ja eri
kuormitustavoille

Yliarvioi enemmän
anaerobista kynnystä



MLSS määrittäminenmenetelmä
-> onko validi?

Päivittäinen vaihtelu
testaamisessa



Pitääkö kynnyksiä ylipäänsä
määrittää ja millä tavalla?

Lähteet

Beneke, R. (1995). Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady-state in rowing. *Medicine and science in sports and exercise* 27 (6), 863–867. [doi:10.1249/00005768-199506000-00010](https://doi.org/10.1249/00005768-199506000-00010).

Beneke, R. (2003). Methodological aspects of maximal lactate steady state—implications for performance testing. *European journal of applied physiology* 89 (1), 95–99. [doi:10.1007/s00421-002-0783-1](https://doi.org/10.1007/s00421-002-0783-1).

Beneke, R., Hütler, M. & Leithäuser, R. M. (2000). Maximal lactate-steady-state independent of performance. *Medicine and science in sports and exercise* 32 (6), 1135–1139. [doi:10.1097/00005768-200006000-00016](https://doi.org/10.1097/00005768-200006000-00016).

Billat, V. L., Sirvent, P., Py, G., Koralsztein, J. & Mercier, J. (2003). The Concept of Maximal Lactate Steady State: A Bridge Between Biochemistry, Physiology and Sport Science. *Sports Medicine* 33 (6), 407–426. [doi:10.2165/00007256-200333060-00003](https://doi.org/10.2165/00007256-200333060-00003).

Binder, R. K., Wonisch, M., Corra, U., Cohen-Solal, A., Vanhees, L., Saner, H. & Schmid, J. (2008). Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *European Journal of Preventive Cardiology* 15 (6), 726–734. [doi:10.1097/HJR.0b013e328304fed4](https://doi.org/10.1097/HJR.0b013e328304fed4).

Bosquet, L., Léger, L. & Legros, P. (2002). Methods to Determine Aerobic Endurance. *Sports Medicine* 32, 675–700. [doi:10.2165/00007256-200232110-00002](https://doi.org/10.2165/00007256-200232110-00002).

Bourdon, P. (2013). Blood Lactate Thresholds: Concepts and Applications. Teoksessa Tanner, R.K. & Gore, C.J. (toim.) *Physiological Test for Elite Athletes*. 2. painos. Australian Institute of Sport, 77–102.

Bourdon, P. C., Woolford, S. M. & Buckley, J. D. (2018). Effects of Varying the Step Duration on the Determination of Lactate Thresholds in Elite Rowers. *International journal of sports physiology and performance* 13 (6), 687-693. [doi:10.1123/ijsspp.2017-0258](https://doi.org/10.1123/ijsspp.2017-0258).

Cheng, B., Kuipers, H., Snyder, A. C., Keizer, H. A., Jeukendrup, A., & Hesselink, M. (1992). A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *International journal of sports medicine* 13 (7), 518–522. [doi:10.1055/s-2007-1021309](https://doi.org/10.1055/s-2007-1021309).

Faude, O., Hecksteden, A., Hammes, D., Schumacher, F., Besenius, E., Sperlich, B. & Meyer, T. (2017). Reliability of Time-to-Exhaustion and Selected Psycho-Physiological Variables During Constant-Load Cycling at the Maximal Lactate Steady-State. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* 42 (2), 142–147.

Faude, O., Kindermann, W. & Meyer, T. (2009). Lactate Threshold Concepts: How Valid are They? *Sports medicine (Auckland)* 39 (6), 469-490. [doi:10.2165/00007256-200939060-00003](https://doi.org/10.2165/00007256-200939060-00003).



Lähteet

- Ferguson, B. S., Rogatzki, M. J., Goodwin, M. L., Kane, D. A., Rightmire, Z. & Gladden, L. B. (2018). Lactate metabolism: Historical context, prior misinterpretations, and current understanding. *European journal of applied physiology* 118 (4), 691–728. doi:10.1007/s00421-017-3795-6.
- Hauser, T., Adam, J. & Schulz, H. (2014). Comparison of Selected Lactate Threshold Parameters with Maximal Lactate Steady State in Cycling. *International journal of sports medicine* 35 (6), 517–521. doi:10.1055/s-0033-1353176.
- Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mücke, S., Müller, R. & Hollmann, W. (1985). Justification of the 4 mmol/l Lactate Threshold. *International Journal of Sports Medicine* 6 (3), 117–130.
- Hiltunen, I. (2023). Maksimaalisen laktaatin tasapainon yhteys nousevatehoisesta kuormituksesta määritettyyn anaerobiseen kynnykseen. Jyväskylän yliopisto. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Valmennus- ja testausoppi. Pro Gradu –tutkielma. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:jyu-202306193970>.
- Jamnick, N. A., Botella, J., Pyne, D. B. & Bishop, D. J. (2018). Manipulating graded exercise test variables affects the validity of the lactate threshold and VO₂peak. *PLoS ONE* 13 (7): e0199794. doi:10.1371/journal.pone.0199794.
- Kainlauri, V. (2019). Sykkeen, veren laktaattipitoisuuden ja hengitysmuuttujien toistettavuus anaerobisella kynnyksellä. Jyväskylän yliopisto. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Valmennus- ja testausoppi. Pro Gradu -tutkielma. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:jyu-201912035095>
- Nummela, A. & Peltonen, J. (2018). Suorat testit. Teoksessa Keskinen, K. L., Häkkinen, K., Kallinen, M., Aartolahti, E. & Kuivalainen, J. (toim.) *Fyysisen kunnan mittaaminen: Käsi- ja oppikirja kuntotestaaajille*. Liikuntatieteellinen Seura, 79–101.
- Pallarés, J. G., Morán-Navarro, R., Ortega, J. F., Fernández-Elías, V. E. & Mora-Rodríguez, R. (2016). Validity and Reliability of Ventilatory and Blood Lactate Thresholds in Well-Trained Cyclists. *PloS one* 11 (9), doi:10.1371/journal.pone.0163389.
- Possamai, L. T., Borszcz, F. K., de Aguiar, R. A., de Lucas, R. D. & Turnes, T. (2021). Agreement of maximal lactate steady state with critical power and physiological thresholds in rowing, *European Journal of Sport Science* 22 (3), 371–380, doi: 10.1080/17461391.2021.1874541.
- Smekal, G., von Duvillard, S. P., Pokan, R., Hofmann, P., Braun, W. A., Arciero, P. J., Bachl, N. (2012). Blood lactate concentration at the maximal lactate steady state is not dependent on endurance capacity in healthy recreationally trained individuals. *European journal of applied physiology* 112 (8), 3079–3086. doi:10.1007/s00421-011-2283-7.
- Svedahl, K. & MacIntosh, B. R. (2003). Anaerobic Threshold: The Concept and Methods of Measurement. *Canadian journal of applied physiology* 28 (2), 299–323. doi:10.1139/h03-023.
- Yaeger, D., Murphy, K., Winger, J. & Stavrianeas, S. (2018). A Two-test Protocol for the Precise Determination of the Maximal Lactate Steady State. *International journal of exercise science* 11 (4), 681–695.

