

Bachelorgradsoppgave

[Korrelerer oksygenopptaket ved anaerob terskel bedre enn maksimalt oksygenopptak med prestasjon i langrenn?]

[Einar Flaktveit Moxnes]

[KIF350]

Bachelorgradsoppgave i

[Idrett/mellomfag]



Sammendrag

Einar Flaktveit Moxnes: Korrelerer oksygenopptaket ved anaerob terskel bedre enn maksimalt oksygenopptak med prestasjon i langrenn? Bacheloroppgave i idrett, Høgskolen i Nord-Trøndelag, idrettsstudiene i Meråker s.1-15 27.05.2013. **Hensikt:** For å se hvilke fysiologiske faktor av VO_{2max} og oksygenopptak ved anaerob terskel som best korrelerer med prestasjon i langrenn. Vesentlig mer forskning på VO_{2max} og prestasjon enn VO_2 ved anaerob terskel. **Metode:** 8 studenter ved Hint idrettsfag Meråker deltok i undersøkelsen. Ferdighetsnivå fra World Cup til National deltagelse, godt trente utøvere med andre ord. Det ble gjennomført to fysiologiske tester. Først en terskeltest på 3D rulleskimølle, stilarten var skøyting, først dobbeldans og deretter padling. Det ble gått 5minuttsdrag med VO_2 måling, puls, laktat og borg. Den andre testen var en standard VO_{2max} måling. Prestasjon ble målt ut ifra FIS punkter. All data ble samlet og regnet ut i Microsoft Exel. **Resultat:** Hovedfunnet ut ifra problemstilling viste at det var VO_{2max} som korrelerte best i forhold til prestasjonsparameter FIS punkt. VO_{2max} viste høy korrelasjon ($R = 0,7372$) med prestasjon i langrenn, mens VO_2 ved anaerob terskel korrelerte moderat ($R = 0,5886$). Et annet interessant funn var at % hjertefrekvens ved anaerob terskel korrelerte betydelig bedre enn VO_2 AT med prestasjon, $R = 0,7212$ mot $R = 0,5886$. **Konklusjon:** VO_{2max} test viste best sammenheng med prestasjon i utholdenhetsidretten langrenn.

Teori

En langrennskonkurransen varer vanligvis fra 10-150min og utøveren oppholder seg 55- 65% av tiden i motbakke (28). Langrenn er en asyklisk idrett, det vil si at man skifter teknikk ut ifra de skiftende forholdene (terreng og føre). En skiløper flytter tyngdepunktet opp og nedover i terrenget samtidig som man bærer egen kroppsvekt, noe man ikke gjør i f.eks. roing og svømming. Utøveren bruker stort sett hele kroppen (både arm- og beinarbeid), men til tider også bare overkroppen (steking) og noen ganger, bare beinarbeid (skøyting uten staver). Helkroppsarbeid blir brukt i 85% av konkurransetiden (2).

Det at en konkurranse varer så lenge og så store deler av kroppen er med på å lage fremdriften sier oss at aerob utholdenhet er svært viktig for en skiløper. I relasjon til aerob utholdenhet ligger gode langrennsløpere på topp i verden (33). Rusko (24) sammenlignet løp og langrenn og fant at langrennsløpere hadde 12% høyere maksimalt oksygenopptak.

Det maksimale oksygenopptaket er en viktig referanseverdi for en persons fysiske prestasjonsevne i utholdenhets idrett og langrenn. Det er først og fremst variasjon i denne verdien som er årsaken til nivåvariasjon i prestasjonsevnen i typiske utholdenhetsidretter (11).

Pate og Kriska (20) utviklet i 1984 en modell som omfatter de tre faktorene som er med på å bestemme de individuelle forskjellene i prestasjoner i utholdenhetsidrett:

- Maksimalt oksygenopptak (VO_{2max})
- Anaerob terskel (AT)
- Arbeidsøkonomi.

Mange publiserte studier støtter denne modellen (4,5,9,1).

Få mannlige langrensløpere har vunnet medaljer i et stort mesterskap, uten å ha en VO_{2max} svært nært eller over $6.0 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$ uansett kroppsvekt, og resultat i området $80-90 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (25).

Maksimalt oksygenopptak (VO_{2max})

Maksimalt oksygenopptak (VO_{2max}) er organismens maksimale evne til å ta opp og forbruke oksygen. Oksygenopptak er et mål på energifrigjøring, når en liter oksygen kan frigjøre ca 5kcal. VO_{2max} måles oftest i milliliter oksygen opptak, pr kilo kroppsvekt, pr minutt ($\text{ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$). Olympiatoppen (33) definerer VO_{2max} som gjennomsnittet av de høyeste VO_2 målingene over et minutt. Det kan være store forskjeller i VO_{2max} for en utøver i

ulike aktivitetsformer og må derfor oppgis sammen med resultatet (7).

VO_{2max} bestemmes av tre forhold:

1) Kroppens maksimale

oksygentransportkapasitet

-Maksimal hjertefrekvens (antall hjerteslag pr min)

-Maksimalt slagvolum (hvor mye blod hjertet kan pumpe ut fra venstre hjertekammer pr slag)

-Maksimalt minuttvolum (hjertefrekvens · slagvolum pr minutt)

-Blodets oksygentransportkapasitet (Hemoglobin konsentrasjon har stor betydning for hvor mye O_2 som kan bindes og dermed pumpes ut av hjertet)

-Blodvolum

2) Kroppsvekt og sammensetning

-Aktiv muskelmasse (det vil si at hvor stor del av kroppen og muskelmassen som er med i arbeidsbevegelsene også er med å bestemme hvor høyt oksygenopptaket kan bli)

-Mengde fett I langrenn bærer man egen kroppsvekt og da vil større lager av fett påvirke oksygenopptaket pr kg kroppsvekt negativt. Energikostnaden av å frakte masse som ikke skaper fremdrift øker.

- Det ser ut til at de tyngste skiløperne går fortest i alle typer terreng også de bratteste motbakkene i en konkurranse men ikke i en enkelt motbakke som for eksempel i Tour d Ski.

3) Skjelettmusklenes evne til å ta opp og forbruke oksygen

Anaerob terskel (AT)

Wasserman og McIlroy (29) var de første som introduserte terminologien anaerob terskel, tilbake i 1964, og er den arbeidsintensiteten der lungeventilasjon ikke lenger øker parallelt med oksygenopptak, eller den arbeidsintensiteten der utøveren begynner å hyperventilere. En definisjon av anaerob terskel som blir akseptert av alle er vanskelig å finne. Men en ikke kontroversiell måte å definere det på er; den høyeste arbeidsintensiteten der produksjon og eliminasjon av laktat er like stor. Over denne intensiteten vil en utøver ikke klare å arbeide lenge.

Åstrand og Rodahl (30) stilte spørsmål rundt måling av anaerob terskel, i første omgang er det et problem med terminologien: snakker vi om en terskel i en enkelt muskelfiber, en hel muskelgruppe eller hele kroppen. Videre

er det problem med ulike målemetoder. Laktmålinger taes i blod, og da må man også være klar over at dette blodet er mikset blod fra de arbeidende musklene i tillegg til ikke arbeidende muskler.

Mengden laktat i blodet kan dermed variere mye med hvor stor muskelmasse som er i aktivitet. Siden langrenn er en asyklisk idrett passer anaerob terskel begrepet nødvendigvis ikke for oss, siden vi i langrenn i det ene øyeblikket bruker helkroppsarbeid og i det andre kun overkropps- eller kun beinarbeid.

(17) viste laktatverdier fra 4-18 i et simulert langrenn underveis og til slutt

Anaerob terskel avhenger av i hovedsak tre ting

-Muskelfibertyper

Den første økningen av laktat i blodet vi ser når vi trener er ofte et resultat av at flere type II fibre tas i bruk, raske fibre, disse produserer mer laktat enn type I. Dette fordi de har mindre oksidative enzymer og færre mitokondrier og må frigjøre energi anaerobt. Gode langrennsløpere har større andel type 1 muskelfibre. I tillegg er det verdt å nevne at musklene i overkroppen består av flere raske muskelfibre enn beinmuskulaturen,

noe som påvirker total laktatverdi hos en skiløper, i forhold til f.eks. en løper (13).

-Evnen til å forbrenne fett.

Fett kan ikke forbrennes anaerobt, så jo høyere intensitet man greier å forbrenne fett på jo mindre vil den totale produksjonen av melkesyre være (Teori da dette i praksis betyr at farten må settes kraftig ned).

-Muskelens evne til å fjerne melkesyre foregår på to måter, resyntesering og oksidering.

Resyntesering er muskelens egeskaper til å resyntesere melkesyre til pyrodruesyre. Dette avhenger av tilgjengelig mengde oksygen og enzymet som hjelper til (laktate dehydrogenase eller LDH).

Melkesyre er ikke et avfallsstoff og bygges opp igjen til glykogen eller brukes som substrat (energi) i produksjonen av ATP. Dette kan skje dersom muskelcellen har tilstrekkelig med oksygentilførsel og intensiteten er lav nok. Hos veldig godt trente individer kan denne intensiteten være helt oppe på 90% av VO_{2max} .

Oksidering vil si at melkesyre omdannes til laktat som aktivt blir transportert ut av muskelcellen til blodet. Laktaten kan deretter bli omdannet til glykogen i leveren eller ikke arbeidende muskler med

tilstrekkelig oksygentilførsel. Ca 92% av energien beholdes når melkesyre oksideres til glykogen.

Tidligere studier

I kontrast til de mange studiene som går på korrelasjon mellom prestasjon og maksimalt oksygenopptak hos langrennsløpere (6,8,10,12,14-16,18,19,21-23,26,27), er det bare noen få undersøkelser som har tatt opp forholdet mellom prestasjonsevne og anaerob terskel (14,15). Studiene om VO_{2max} og prestasjon omhandler skiløpere på ulike nivå og aldre, samt ulike problemstillinger. En av artikkelen tar for seg det maksimale oksygenopptaket til toppløpere som alle er medlem av det norske landslaget. Studiet sier klart at det er de beste (world class skiers) som også har det høyeste oksygenopptaket (10). Artikkelen går derimot ikke inn og sammenligner prestasjon opp mot oksygenopptak ved anaerob terskel.

Problemstilling

Korrelerer oksygenopptaket ved anaerob terskel bedre enn maksimalt oksygenopptak med prestasjon i langrenn?

Metode

Forsøkspersoner (FP)

I denne undersøkelsen ble det testet 8 aktive langrennsløpere (FP) som alle studerer grunnfag og mellomfag gjennom HiNT avdeling Meråker. Gruppen er alle unge seniorløpere og født 1990, 91 og 92. Gruppens nivå er varierende, men i utgangspunktet høyt, fra topplasseringer i NC til middelmådige plasseringer i NC. Høyskolen i Nord-Trøndelag hadde godkjent undersøkelsen og den ble gjennomført i henhold til Helsinki deklarasjonen om forsøk på mennesker.

FP	Høyde	Vekt	Alder	FIS punkt
FP1	189	86	22	116,83
FP2	183	75	23	122,58
FP3	189	80	22	65,35
FP4	183	82	21	75,18
FP5	178	79	22	73,11
FP6	186	74	21	56,56
FP7	184	84	22	104,82
FP8	173	73,5	22	11,96
Sum	183,1	79,2	21,9	78,3

Terskeltest med O₂ Måling

O₂ testen på anaerob terskel ble gjennomført i skøyte teknikken padling på en 3D rulleskimølle (Rodby RL3500E, Sverige) i Meråker testlab. Utøverne utførte testen som om de skulle hatt en vanlig terskeltest. Før testen begynte ble et registreringskjema fylt inn med opplysningene; navn, fødselsdato, høyde, vekt og hjerterefrekvens maks. FP jogget 10 min på 60% av HFmax før testen begynte og ble klargjort til testing. FP hadde egne skisko til NNN (Norge) og salomon SNS (Frankrike) bindinger, de brukte skistaver (Swix CY1, Norge) tilpasset sin egen høyde, med spesielle trinser (Stålbørste matte 1 x 1,5 cm på gummiknott) tilpasset D3 møllen, i tillegg til like rulleski med 2 hjul (Swenor Finestep, Sverige) og til slutt fikk de på seg en sikkerhetssele som var opphengt i taket med kobling til 3D møllens stoppknapp. Dette betyr at ved fall eller en annen grunn til at utøveren ikke greide å gå lengre stoppet 3D møllen uten større risiko for utøveren.

Testen bestod av 5minuttsdrag med konstant stigning på 10%, etter hvert drag ble det registrert puls (Polar RC800X pulsklokke, Finland), laktat (Biosen c-line laktatmåler, Tyskland) og borg skala (3).

Første 5 minuttersdraget ble regnet som et oppvarmingsdrag, hastighet 8km/t.

Deretter ble det gått 3 drag dobbeldans, 9-, 10- og 11km/t, etterfulgt av 3 nye drag i padling på samme fart. Resultatene ble i etterkant regnet ut, alles anaerobe terskel ble funnet. På hvert drag ble det målt oksygenopptak (Jaeger Oxycon Pro analysator, Tyskland) de tre første minuttene.

VO_{2max} test

Den andre testen ble gjennomført i løping på en 3D løpemølle (Rodby RL2500E, Sverige). Oksygenopptaket ble målt med samme apparat (Jaeger Oxycon Pro, Tyskland). FP hadde standard oppvarming, 6% stigning og 8km/t i 5min, deretter 10% stigning til FP hadde nådd 60 – 75% av HF max. VO_{2max} testen startet på starthastigheten 9- og 10km/t. Farten ble økt med 1km/t hvert minutt, helt til utmattelse og VO_{2max} var nådd. Kriteria for at VO_{2max} ble nådd var 1) utflating og/eller nedgang i oksygenopptaket til tross for økende belastning. 2) RER verdi og 1.10. 3) Puls verdi 0-2% av HFmax (30). Etter endt test ble det registrert hvor lenge det ble løpt på avsluttende hastighet og høyeste målte puls. VO_{2max} ble definert som gjennomsnittet av fire av de siste målingene.

Prestasjon FIS Punkt

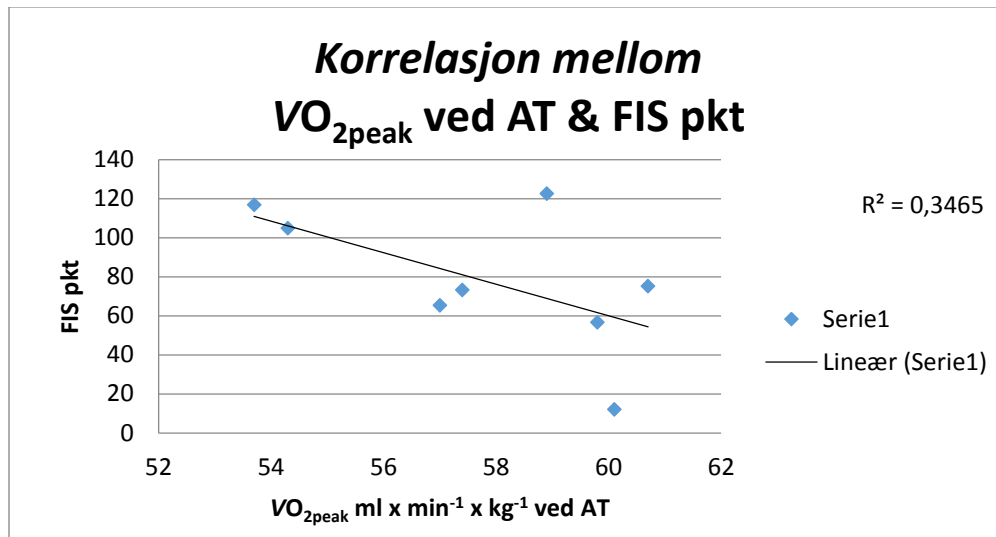
For å best finne ut prestasjons parameter til alle forsøkspersonene ble 5th Cross-Country List 2012/2013 brukt (32). FIS punkt listen er en måte å rangere alle utøvere på etter en internasjonal standard. Den best rangerte løperen har 0,0 poeng (eller nær 0,0), og så rangeres det oppover.

Analyse

Resultat, tabeller og regresjonsanalyser ble lagt inn og beregnet i MS Office Exel 2007 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA). I regresjonsanalysene ble først R² verdien funnet og deretter R verdien. Korrelasjons koeffisient (R-verdi) forteller oss hvor stor sammenheng det er mellom to variabler. En R-verdi mellom 0.9 og 1.0 indikerer variabler med veldig stor korrelasjon. R-verdi mellom 0.7 og 0.9 indikerer høy korrelasjon, 0.5 og 0.7 er moderat korrelasjon, 0.3 og 0.5 er lav korrelasjon, mens en R-verdi under 0.3 har liten eller ingen korrelasjon (31).

Resultat

Resultaten fra denne studien skal si noe om oksygenopptak ved anaerob terskel korrelerer bedre med prestasjon enn maksimalt oksygenopptak. Resultatene er samlet fra fysiologiske målinger av oksygenopptak, VO_{2max} og ved anaerob terskel, i tillegg til FIS punkt (prestasjon).



Figur 1. Viser korrelasjon mellom FIS distanse punkt (y-akse) og VO_{2peak} ml x min⁻¹ x kg⁻¹ ved anaerob terskel (x-akse). $R^2 = 0,3465$, $R = 0,5886$.

Resultatene fra diagram 1 viser at det er en moderat korrelasjon ($R = 0,5886$) mellom langrenns prestasjonsparameter FIS distanse punkt og oksygenopptak ved anaerob terskel i padling på rulleski.

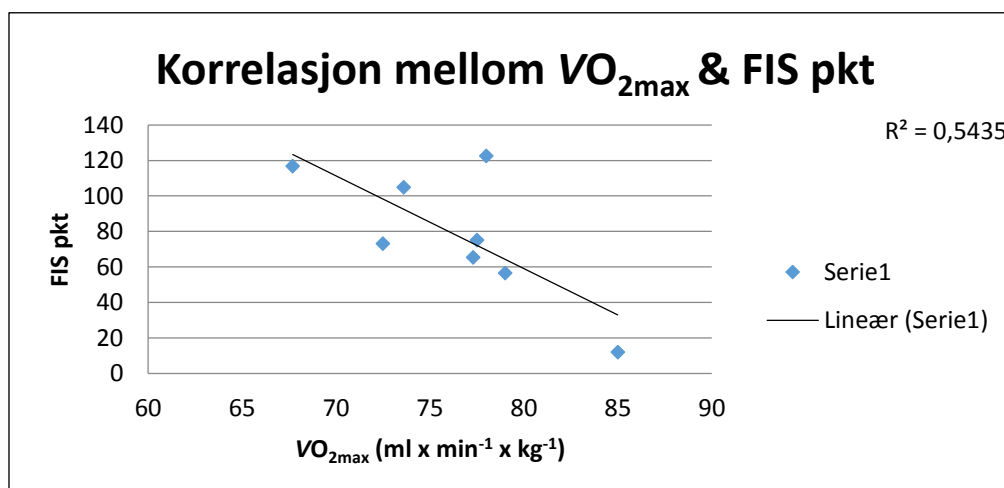


Fig 2. Regresjonsmodellen viser korrelasjon mellom FIS punkt (y-akse) og VO_{2max} (x-akse). $R^2 = 0,5435$, $R = 0,7372$.

Resultatene fra diagram 2 viser at det er høy korrelasjon ($R = 0,7372$) mellom langrenns prestasjonsparameter FIS distanse punkt og VO_{2maks} ved løping.

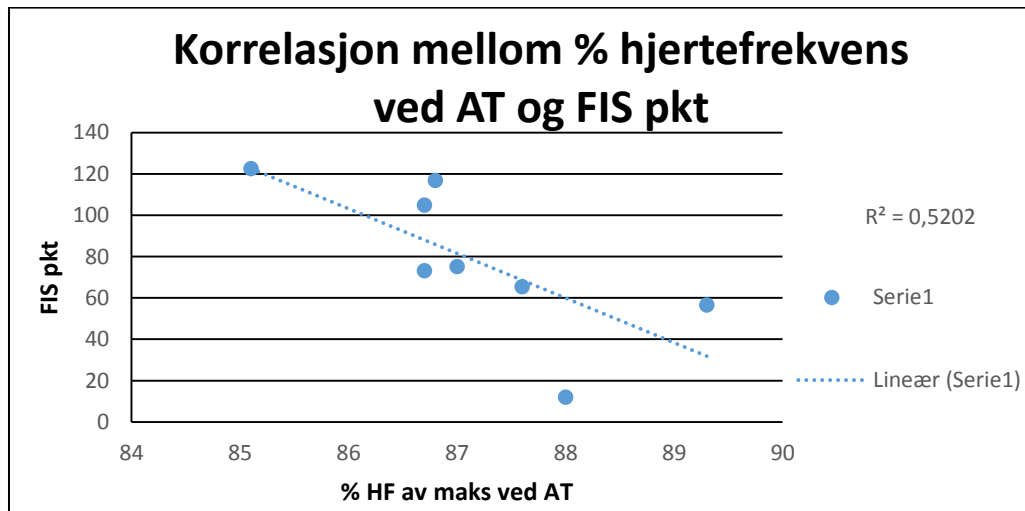


Fig 3. Regresjonsmodellen viser korrelasjon mellom FIS punkt (y-akse) og prosent hjerterefrekvens av maks ved anaerob terskel. $R^2 = 0,5202$, $R = 0,7212$.

Resultatene fra diagram 3 viser også en høy korrelasjon ($R = 0,7212$), her mellom prestasjonsparameter FIS distanse punkt og prosent hjerterefrekvens av maks ved anaerob terskel.

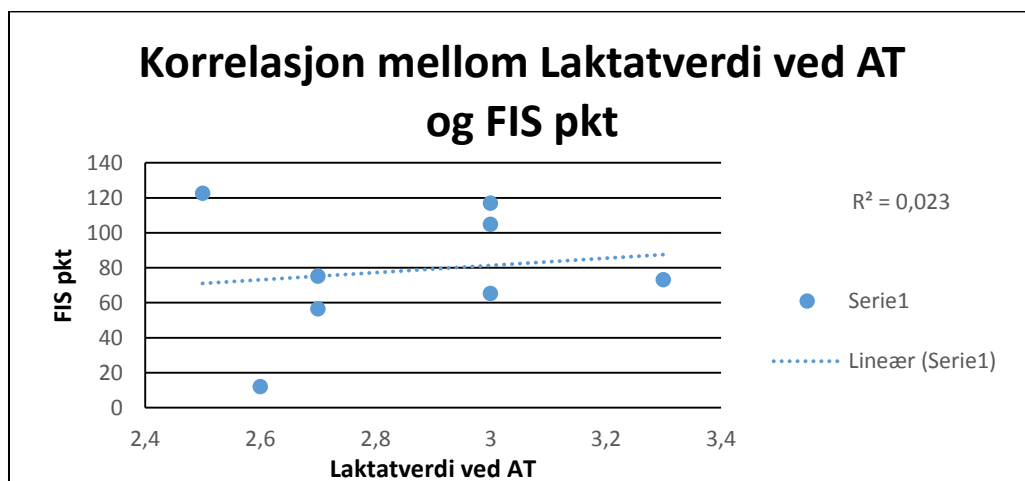


Fig 4. Regresjonsmodellen viser korrelasjon mellom FIS punkt (y-akse) og laktatverdi ved anaerob terskel. $R^2 = 0,023$, $R = 0,1516$.

Diagram 4 viser ikke overraskende resultater, det er svært lav eller ingen korrelasjon ($R = 0,1516$) mellom Prestasjonsparameter FIS distanse punkt og laktatverdi ved anaerob terskel. Laktatverdier er individuelt, og dette er med for å vise at tidligere antagelser er riktige.

Diskusjon

Det viktigste funnet i artikkelen er at oksygenopptaket ved anaerob terskel ikke korrelerer bedre med prestasjon i langrenn enn maksimalt oksygenopptak. Korrelasjonen med prestasjon og oksygenopptak ved anaerob terskel har en R-verdi på 0,5886, mens korrelasjonen mellom prestasjon og maksimalt oksygenopptak har en R-verdi på 0,7372. Det vil si en moderat korrelasjon mot en høy korrelasjon.

Årsaken til dette er mange, først og fremst er det maksimale oksygenopptaket viktig for prestasjon i langrenn. I tillegg er nivået på anaerobe terskelen direkte avhengig av VO_{2max} . Dette er i samsvar med data fra tidligere forskning (4,5,9,1,22)

Saltin hevdet at en utøver med lav VO_{2max} ikke ville ha en sjanse mot en utøver med høye målinger i utholdenhetsidretter, så lenge det ikke var store forskjeller i arbeidsøkonomi (26).

Anaerob terskel er tilpasset sykliske øvelser, ettersom langrenn er en a-syklisk idrett blir det ikke like stor sammenheng mellom anaerob terskel som VO_{2max} . I forsøket ble laktat målt fra venøst blod, blod fra hele kroppen. I langrenn produseres det laktat i overkropp samtidig

som det produseres i beina, i motsetning til f.eks. løping der det er syklisk og kun belastning i underkroppen. En løper har bare et bevegelsesmønster og eliminering av melkesyre blir umulig uten å måtte senke farten vesentlig. I en langrenns konkurranse derimot kan utøveren veksle mellom teknikker i forskjellig terreng for å kompensere for stivhet i en kroppsdel. Man kan gå seg stiv i beina i en motbakke, mens man føler seg bedre i armene, noe som gjør at hastigheten kan opprettholdes i et flatere parti straks etter bakken er ferdig. Mygind (17) viste laktatverdier fra 4-18 i et simulert langrenn underveis og til slutt, noe som indikerer arbeidsbelastning langt over anaerob terskel. På det flate partiet kan beina jobbe på en intensitet som er under anaerob terskel og kan være klar til neste bakke. Dette kan forklare hvorfor ikke anaerob terskel kan korrelere opp mot prestasjon i langrenn (30).

Forskjellen i muskel rekrutteringsmønster i langrenn og løping påvirker de fysiologiske kravene. I et langrenn blir overkroppen brukt, musklene i overkroppen består av flere raske muskelfibre enn musklene i beina. Dette påvirker på den måten at laktat målingene vil slå ut høyere enn hos en løper hvor det kun er beinarbeid. En laktat test løping i forhold til en test på

rulleski vil nødvendigvis ikke være gyldig for ski trening på snø (13).

Vanlige anaerobe terskel ligger for lavt (feil ved konseptet i forhold til langrenn og helkroppsarbeid) til å direkte måle prestasjon, da farten man må holde for å ligge på eller under den anaerobe terskelen er for lav i forhold til den farten man er nødt å holde for å kunne prestere på et høyt nivå i langrenn.

Et interessant funn er at prosent hjertefrekvens av maks puls ved anaerob terskel korrelerer vesentlig bedre med prestasjon i langrenn enn oksygen opptak ved anaerob terskel. Faktisk nesten like høyt som korrelasjonen mellom VO_{2max} og prestasjon. Prosent hjertefrekvens av makspuls ved AT har R-verdi 0,7212 mot VO_{2max} sin R-verdi på 0,7372.

Dette viser tydelig hvor nært maks man arbeider og greier å arbeide over en lengre distanse. Det kommer frem hvor stor prosent av maks man klarer å arbeide og jo høyere man greier å arbeide jo mer oksygen kan transporteres til de arbeidende musklene og mer energi kan frigjøres til fremdrift i skiløypen.

Kilder:

1. Bassett D R, Howley E T (2000) Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* 32:70-84
2. Bergland, H. Tids- og teknikkstudie I slak motbakke fra 5km kvinner under VM I Trondheim 97. *Hovedfagsoppgave i langrenn NIH, 2001*
3. Borg GA. Perceived Exertion. *Exerc Sport Sci Rev.* 1974;2:131-53
4. Bunc, V., and J. Heller. Energy cost of running in similarity trained men and women. *Eur. J. Appl. Physiol.* 59:178-183, 1989
5. Di Prampero, P. E, G. Atcho, C. Brückner, and C. Moya. The energetics of endurance running. *Eur. J. Appl. Physiol.* 55: 259-266. 1986.
6. Forsberg A. Er vi på rett veg? *Svensk skisport* 1985.
7. Frøyd, C., Madsen, Ø., Tønnessen, E, Wisnes, A.R., Aasen,S., (red.) (2005). Utholdenhet- trening som gir resutater. *Akilles 1.opplag.*
8. Haymes EM, Dickinson AL. Charecteristics of elite male and female ski racers. *Med sci sports exerc* 1980.
9. Helgerud, J. Maximal oxygen uptake, anaerob uptake, anaerobic treshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons. *Eur. J. Appl. Physiol.* 68:155-161, 1994.
10. Ingjer F (1991). Maximal oxygen uptake as an predictor of performance ability in woman and men elite cross-country skiers. *Scand Med Sport Exerc* 1:25-30.
11. Jostein Hallen. Hva bestemmer prestasjonen i utholdenhetsaktivitet. *Norges idrettshøyskole.* V2.0. 2002.
12. Larsson P, Henriksson-Larsen, K. Combined metabolic gas analyser and dGPS analysis of performance in cross-country skiing. *J Sports Sci* 23: 861-870, 2005.
13. Larson AJ. Variations in heart rate at blood lactate threshold due to exercise mode in elite

cross-country skiers. *J Strength Cond Res.*
2006 Nov;20(4):855-60.

14. Larsson P, Olofsson P, Jakobsson E, Burlin L och Henriksson-Larsén K (2002). Physiological predictors of performance in cross-country skiing from treadmill tests in male and female subjects. *Scand J Med Sci Sports* 12: 347-353.

15. MacDougall, JD, Hugson, R, Sutton, JR, and Moroz, JR. The energy cost of cross-country skiing among elite competitors. *Med Sci Sports* 11: 270-273, 1979.

16. Mahood, NV, Kenefick, RW, Kertzer, R, and Quinn, TJ. Physiological determinants of cross-country ski racing performance. *Med Sci Sports Exerc* 33: 1379-1384, 2001.

17. Mygind E, Andersen L B, Rasmussen B (1994) Blood lactate and respiratory variables in elite cross-country skiing at racing speeds. *Scand J Med Sci Sports* 4: 243-251

18. Ng, AV, Demment, RB, Basset, DR, Bussan, MJ, Clark, RR, Kuta, JM, and Schauer, JE. Characteristics and performance of male citizen cross-country ski racers. *Int J Sports Med* 9: 205-209, 1988.

19. Niinimaa, V, Shephard, RJ. Performance and efficiency of intercollegiate cross-country skiers. *Med Sci Sports* 10:91-93, 1978.

20. Pate R R, Kriska A (1984) Physiological basis of the sex difference in Cardioresperatory endurance. *Sports Med* 1984, 1:87-98.

21. Rundell, KW and Bacharach, DW. Physiological characteristics and performance of top U.S. biathletes. *Med Sci Sports Exerc* 27: 1302-1310, 1995.

22. Rusko, H, Havu, M, and Karvinen, E. Aerobic performance capacity in athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 38: 151-159. 1978.

23. Rusko H. The effect of training on aerobic power characteristics of young cross-country skiers. *J sports Sci* 1987.

24. Rusko H. Handbook of Sports Medicine and Science, Cross Country Skiing. Blackwell science 2003.

25. Saltin 1997 The physiology of competitive c.c. skiing across a four decade perspective; with a note on training induced adaptations and role of training at medium altitude. in Science and Skiing, ed. Müller E. S,

H., Kornexl, E. Raschner, C., pp. 435-469.
Chapman & Hall, Cambridge

26. Saltin, B and Åstrand, PO. Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol* 23: 353-358, 1967.

27. Staib, JL, IM, J, Caldwell, Z, and Rundell, KW. Cross-country ski racing performance predicted by aerobic and anaerobic double pling power. *J Strenght Cond Res* 14: 282-288, 2000.

28. Torvik P-Ø, T3 Langrenn Modulhefte 1. Utholdenhet, 2004. Norges Skiforbund.

29. Wasserman K., Mclroy Mb. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac

patients during exercise. *Am J Cardiol* 1964; 14: 844-852.

30. Åstrand. P-O, and K. Rodahl. Textbook of work physiology. *New York, NY: McGraw-Hill Book Company*, 2003.

31. <http://www.andrews.edu/~calkins/math/edrm611/edrm05.htm>

32. <http://www.fis-ski.com/uk/604/607.html?sector=CC&listid=300097>

33. www.olympiatoppen.no. Norges skiforbund. Arbeidskravsanalyse – Langrenn 17.09.2007