



# Bachelorgradsoppgave

**Er det individuelle forskjeller i tid til godt trente  
langrennsløpere når sin  $VO_{2peak}$  i sprint?**

Thomas Albertsen Dahlen

KIF350

Bachelorgradsoppgave i Kroppsøving og idrettsfag

Meråker

Høgskolen i Nord-Trøndelag - 2014



**HINT**

## Sammendrag

**Hensikt:** Dette forsøket skal finne ut om det er store forskjeller individuelt mellom langrennsløpere i hvor lang tid det tar for å oppnå  $VO_{2max}$ . Det å kunne øke bevisstheten rundt temaet «tid til oppnådd  $VO_{2peak}$ ».

Er det en større begrensende faktor enn vi tror?

**Teori:** Langrenn er en utholdenhetsidrett som stiller store krav til aerob kapasitet og  $VO_{2max}$ . De tre største begrensende faktorer for prestasjon i langrenn er arbeidsøkonomi, anaerob terskel eller  $VO_{2max}$ .

**Metode:** 11 mannlige studenter med gjennomsnittsalder på 20.5 år ved HINT idrettsfag Meråker deltok frivillig i undersøkelsen. Ferdighetsnivået fra FP (forsøksperson/forsøkspersonene) er fra deltakelse i World Cup til deltakelse på Nasjonalt nivå. FP hadde  $VO_{2max}$  på 68,78 i gjennomsnitt per 19.05.2014. FP gikk skøyting dobbeldans på rulleskimølle. Først ble en  $VO_{2max}$  test gjennomført hvor farten startet på 9-12km/t og økte henholdsvis 1-2km/t pr min til utmattelse. Etter 20 minutter pause ble en sprinttest (maksdrag) på <90 sekunder gjennomført. Farten var 15,4-18,8 km/t, og gjennomsnittet var 1.2 km/t lavere enn hva FP kom opp i på  $VO_{2max}$  testen.

**Resultat:** Denne undersøkelsen viser at det er store individuelle forskjeller i tid til oppnådd  $VO_{2max}$  i denne testen. Den største variasjonen mellom FP er på 50 sekunder på sprinttesten, og gjennomsnittstiden på sprinttesten var 191 sekunder.

**Konklusjon:** Studiene viser stor individuell forskjell i tid til oppnådd  $VO_{2max}$ . Forskjellene kan påvirke utøverens prestasjon.

**Nøkkelord:** Langrenn, maksimalt oksygenopptak,  $VO_{2max}$ , tid til oppnådd  $VO_{2max}$ .

## Teori

Sprintlangrenn ble introdusert i World Cup sesongen 1998-99. Før dette var langrenn er en utholdenhetsidrett som stiller store krav til spesielt den aerobe utholdenheten hvor 85-99% av energifrigjøringa kommer fra aerobe prosesser (1,2). Men sprint langrenn medførte krav til høyere fart og nye tekniske løsninger, noe en antar stiller større krav til styrke og bedre effektivitet (22)

Aerob utholdenhet defineres som organismens evne til å arbeide med relativt

høy intensitet over en lengre tid (3), som i distanselangrenn. Langrenns konkurranser varer vanligvis på fra 10 – 150 minutter og utøvere oppholder seg 55-65% av konkurranse tiden i motbakker (10). Motbakkene i dagens langrennsløyper er sjelden over to minutter sammenhengende (21). Utøveren bruker stort sett hele kroppen, altså både arm og beinarbeid. Til tider bare overkroppen i staking og noen ganger bare beinarbeid for eksempel ved skøyting uten staver. Helkroppsarbeid blir brukt i 85% av konkurransetiden (11).

Sprintlangrenn varer imidlertid ifra 2.30-4.0 minutter og gjentas 4 ganger igjennom en enkeltstart prolog, quartfinale, semifinale og finale der det g es i utslagningsheat med 6 og 6 i hvert heat. Det kan se ut som sprintlangrenn passer bedre inn under definisjon av anaerob utholdenhet enn distanselangrenn. Anaerob utholdenhet defineres som organismens evne til å utføre kortvarig, intensivt arbeid, uten nok tilførsel av oksygen ( $O_2$ ) til muskelarbeidet. Kroppen må dermed sette i gang denne «reservemotoren» som lager energi uten tilførsel av oksygen. Dette kaller vi anaerob energifrigjøring (3). En sprintl ype inneholder flater, motbakker og nedoverbakker og hastigheten er så høy at arbeidskravet i motbakker er opp til 160% over den aerob kapasiteten (23).

Normalt sett vil ikke en aerob utholdenhetsut ver kunne forbedre sin anaerobe utholdenhet med mer enn 10-15% (13). Noe som betyr at kravene til hastighet også dekket opp av andre faktorer. Sprint langrenn har blitt undersøkt både på rulleski (25, 27) og på snø (28) Mens Sandbakk et al (2010) publiserte i fra konkurransesituasjon og samhold dette med funn på laboratoriet. De påpekte at dagens sprintere oppnår høyere peak oksygenopptak, bedre effektivitet på ski, lengre sykklus lengde, høyere max

hastighet. Vestrinen (27) viste at høy anaerob kapasitet var best korrelert med prestasjon i prologen, mens den aerobe kapasiteten betydde mere for prestasjon utover i heatene. Andersson (28) viste og at farten gikk ned i andre del av prologen og det var avhengi av nivået på  $VO_{2max}$  og aerob kapasitet.

Den aerobe utholdenheten er hovedsakelig begrenset av tre fysiologiske faktorer, maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2max}$ ), anaerob terskel (AT) og arbeidsøkonomi (A ) (4). Prestasjonen i distanselangrenn avhenger av disse tre hovedfaktorene. Flere publiserte arbeider støtter denne teorien (5,6,7,8,9).

Mannlige og kvinnelige utøvere i langrenn har noen av de høyeste målte verdiene på maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2max}$ ) (22). Få mannlige langrennsløpere har vunnet medaljer i VM eller OL uten å ha  $VO_{2max}$  på under 6 l/min eller mellom 85-92 ml  $\cdot$  min<sup>-1</sup>  $\cdot$  kg<sup>-1</sup>.(24), mens kvinnelige utøvere i verdensklasse har ca 10% laver kapasitet (24). Så høye  $VO_{2max}$  verdier har enda ikke blitt målt i sprintlangrenn (23).

Anaerob utholdehet har størst betydning i konkurranser med en varighet opptil 2 minutter (12). Man kan ikke se bort fra anaerob kapasitet som en sentral prestasjonsfremmende faktor på konkurranser som er over 10-20

minutter(18), da som regel bare få sekunder skiller utøverne i spurtoppgjør.

Saltin (14) mener at under en 5-10 km konkurranse i langrenn avhenger den totale prestasjonen av hele 10-15% anaerob energifrigjøringen, mens i lengre konkurranser synker prosentandelen ned til 5-10%. Utfordringene med anaerob energifrigjøring er at ved en bestemt arbeidsintensitet lagrer det seg laktat opp i organismen (14). Forskning viser at ved å øke hastigheten med kun 0.5km/t over anaerob terskel reduserer tid til utmatting fra 60minutter til 10 minutter i løping (12). Slike undersøkelser er ikke gjort på ski, da en har så store variasjoner i terreng, teknikker, hastigheter i en konkurranse at det blir vanskelig å kunne etablere en organisk og fysisk situasjon tilsvarende en arbeidsbelastning som tilsvare anaerob terskel. Opphoping av laktat har blitt assosiert med utmattelse (12).

### **Maksimalt oksygenopptak**

Maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2max}$ ) defineres som utøverens evne til å ta opp og forbruke oksygen per tidsenhet (8).

Maksimalt oksygenopptak sees på av Bergh U m.fl (1, 2, 22) som den enkeltstående viktigste faktor som bestemmer prestasjon i langrenn.

Historiske tester viser at internasjonale utholdenhetsutøvere de siste femti årene har holdt samme nivå når det kommer til  $VO_{2max}$ , noe som viser at prestasjonsutviklingen i utholdenhetsidrettene skyldes andre faktorer enn  $VO_{2max}$ (18).

Utholdenhetsutøvere er avhengig av å utnytte seg av sin maksimale kapasitet så godt som mulig, noe vi omtaler som utnyttingsgrad i konkurransesituasjoner. Forskning på utholdenhetsidretter viser at i en stor gruppe med varierende prestasjonsnivå er sammenhengen påfallende i forhold til prestasjon og  $VO_{2max}$  men om man sammenligner homogene grupper med relativt jevnt prestasjonsnivå viser forskning at det kan være ganske store individuelle forskjelle (18). Dette viser at høy  $VO_{2max}$  er nødvendig, men ikke absolutt avgjørende for hvem som presterer best (18).

Utnyttingsgraden er definert ved hvor stor prosentdel av  $VO_{2max}$  en utøver utnytter seg av under langvarig arbeid på en gitt intensitet (8). Hvor stor prosentdel av  $VO_{2max}$  en utøver klarer å utnytte seg av vil minske samtidig som arbeidstiden øker (18). En studie gjort av Basset og Howley (8) viste at godt trente utøvere har bedre utnyttingsgrad enn dårlig trente utøvere.

Flere studier (13 og 15) viser at løpere som presterer på et høyt nivå har høy utnyttingsgrad, men at det ikke nødvendigvis er de med best utnyttingsgrad som presterer best. En godt trent idrettsutøver med god utnyttingsgrad vil for eksempel kunne benytte 95% av  $VO_{2max}$  i løpet av 30 minutters arbeid, mens dersom arbeidstiden øker til 120 minutter vil utnyttingsgraden kunne falle til 80% av  $VO_{2max}$  i en konkurransesituasjon (17).

Forskning tyder på at prestasjon kan bedres dersom utnyttingsgraden bedres uten endring i  $VO_{2max}$  (18,19,20).

På den andre side mangler forskningen undersøkelser som beskriver effektiviteten av  $VO_{2max}$ , eller sagt på en annen måte, er det forskjeller mellom utøvere på hvor raskt man kommer opp i  $VO_{2max}$ . Det er heller ikke belyst om det er forskjeller mellom sprintere og distanseløpere. Dette er viktig i lys av sprintlangrenn, der man fra start ikke kan bestemme farten selv. Om en utøver bruker 40 sek på å komme opp i nærheten av  $VO_{2max}$  eller man bruker 2 min, betyr dette store forskjeller i anaerobt bidrag for å kunne prestere på den samme fart. Det kan tenkes at om man kommer raskt opp i et høyt oksygenopptak at man slipper å akkumulere store mengder melkesyre i musklene tidlig i løpet. En slik egenskap medfører at man kan spurte bedre de siste 200m. Dette er også mer og

mer aktuelt i moderne distanselangrenn som har flere fellesstarter og spurter. som gjør at man kan starte hardere, og ikke minst redusere mengden anaerob energifrigjøring i alle motbakker i konkurransen. Det vil da være interessant å se på om utøvere på samme nivå av  $VO_{2max}$  er forskjellig i aerob effektivitet, og at dette kan være en årsak til forskjeller i prestasjonsevne.

### **Oppsummering:**

Det er på bakgrunn av teori vanskelig å vite hvor avgjørende det er å komme raskt opp i  $VO_{2max}$  i forhold til prestasjon i langrenn og er derfor interessant å teste dette. Dette fører frem til følgende problemstilling:

### **Problemstilling:**

Er det individuelle forskjeller i tid til godt trente langrennsløpere når sin  $VO_{2peak}$  i sprint?

### **Metode**

#### **Forsøkspersoner(FP):**

I denne undersøkelsen deltok 11 menn i alderen 18-22 år. Forsøkspersonene er alle høgskolestudenter i idrett i Meråker. De

har et gjennomsnittelig  $VO_{2max}$  nivå på 68,78.

Alle FP ble før studien informert om hva studien innebar og at de kunne avslutte testen når de selv ønsket uten å måtte forklare hvorfor i henhold til internasjonale regler for forskning med mennesker som forsøksobjekter. Studien ble godkjent av veileder på HINT før testing startet.

### Utstyr

Alle tester ble utført på 3D-mølleRodby RL 3500E (Sverige) med en stigningsgrad på 8%. Alle FP gikk på de samme Swenor Rulleski med rullemotstand 2(Sverige). FP stilte med egne skisko, men benyttet henholdsvis Salomon SNS (Frankrike) og NNN (Norge) bindinger på rulleskiene. Swix CT1 skistaver (Norge) ble benyttet, disse hadde spesial laget pigger (1x 1,5 cm stålborster) for å unngå at stavene ødela rullebåndet og at stavene gled .

Jager oksygenopptaks måler (Jager Oxycon pro, Tyskland) som samler opp utåndingsluften til et miksekammer der innhold av oksygen og  $CO_2$  ble analysert. FP brukte neseklype over nesen slik at all luft går gjennom munstykket.

Laktatmålingen ble tatt med Lactate Pro, og for pulskontroll ble det brukt Polar RS800CX med Polar Wearlink+ pulsbelte W.I.N.D.

### Testprosedyre

FP gjennomførte først trinnvis  $VO_{2max}$  test på rulleski i dobbeltdans, og etter en pause ble en sprint makstest gjennomført.

På testdagen gjennomførte FP følgende: Individuell oppvarming med 20 min rolig jogg eller rulleski skøyting. Så gjennomførte FP 5 minutter standardisert inngåing på mølla på 10km/t, med påfølgende  $VO_{2max}$  test. Stigningen på mølla var konstant 8%.

$VO_{2max}$  testen ble startet på hastighetene 9-12 km/t som er vurdert hos hver enkelt ut i fra puls igjennom de 5 minuttene FP hadde på mølla. FP gikk 1 minutt på hver fart, som steg med 2 km/t frem til de siste minuttene hvor hastigheten økte med kun 1 km/t. FP gikk helt til utmattelse.

Deretter hadde FP 20 min pause med 5 minutter påfyll av veske og evt. skoskifte, og påfølgende 15 minutter med rolig gange på møllen 6% stigning og 4km/t.

Etterpå ble det gjennomført et sprintdrag (makstest) hvor FP gikk på en individuell fart som var omtrent 1.2 km/t lavere enn slutthastigheten på  $VO_{2max}$  testen (15,4-18,8km/t). Denne farten var konstant gjennom hele sprinttesten. Målet er at FP skulle klare å holde denne farten i minst 2 minutter og 30 sekunder som simulerer en

sprintprolog. FP som ikke klarte 130 sekunder ble ekskludert fra studiet, eller oppnådde et platå i okygenopptak før 130 sekunder, eller retestet. En FP ble retestet og en FP ble ekskludert fra studiet.

Rulleskitesten ble utført i G3 teknikk (Nilsson et al. 2004). Denne teknikken blir også referert til som V2 skøyting (Boulay et al. 1994). Den har et symmetrisk stavtak synkront til hvert beinspark og blir ofte brukt i høy fart i motbakker og spurt mot slutten av et løp og omtales på norsk som dobbeltdans.

### **Statistikk og behandling av data**

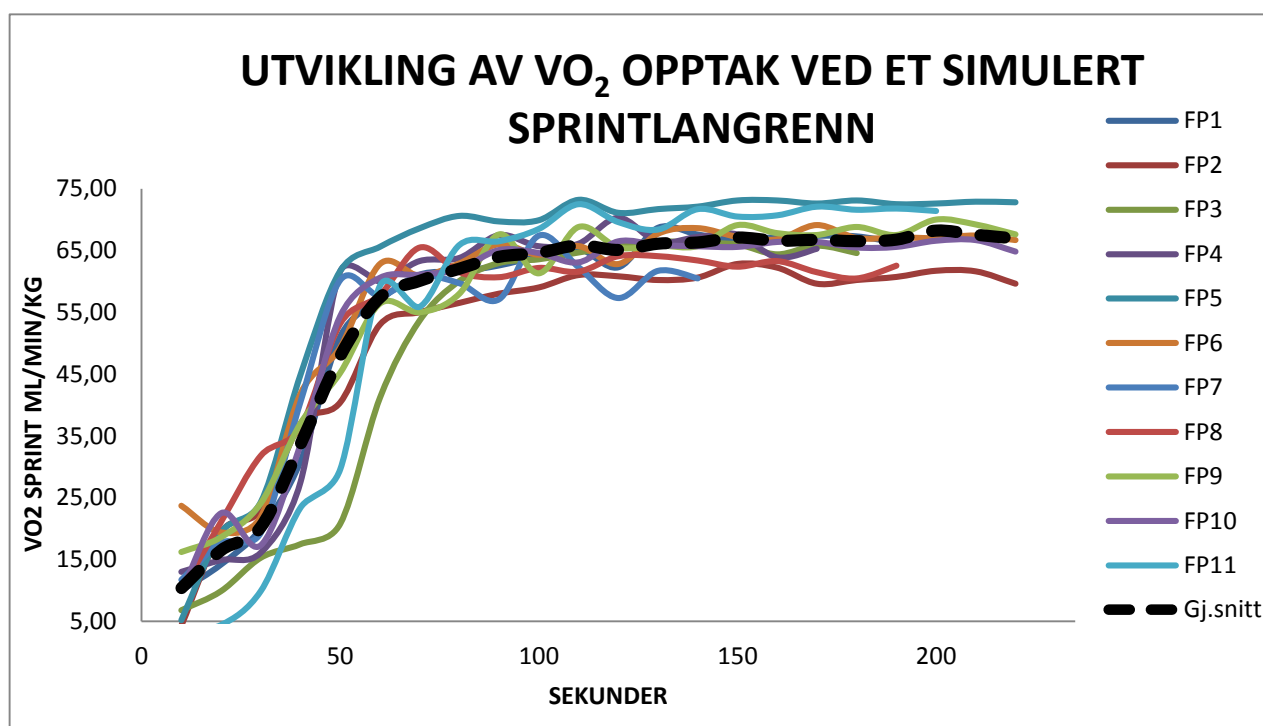
Alle data ble sjekket for normalitet og er langt inn på data og analysert i windows excel.

Perssons korrelasjons koefisient (R) ble benyttet til å finne sammenhengen mellom tid til  $VO_{2peak}$  og sprintprestasjon.

Korrelasjon (R) mellom 0,9 og 1,0 regnes som veldig høyt korrelert, mellom 0,7 og 0,9 regnes som høy korrelasjon og 0,5-0,7 som en moderat korrelasjon. Under dette regnes som lav (0,3-0,5) eller ingen korrelasjon under dette (26).

## Resultat

Data i denne undersøkelsen omhandler hvor fort FP kommer opp i oksygenopptak i en sprint. Videre vises ved hvilken prosent av  $VO_{2max}$  oksygenopptaker starter å flate ut, samt hvilken andel av  $VO_{2max}$  FP bruker etter at oksygenopptaket har flatet ut. Resultatene er så korrelert med prestasjon i sprinttest.

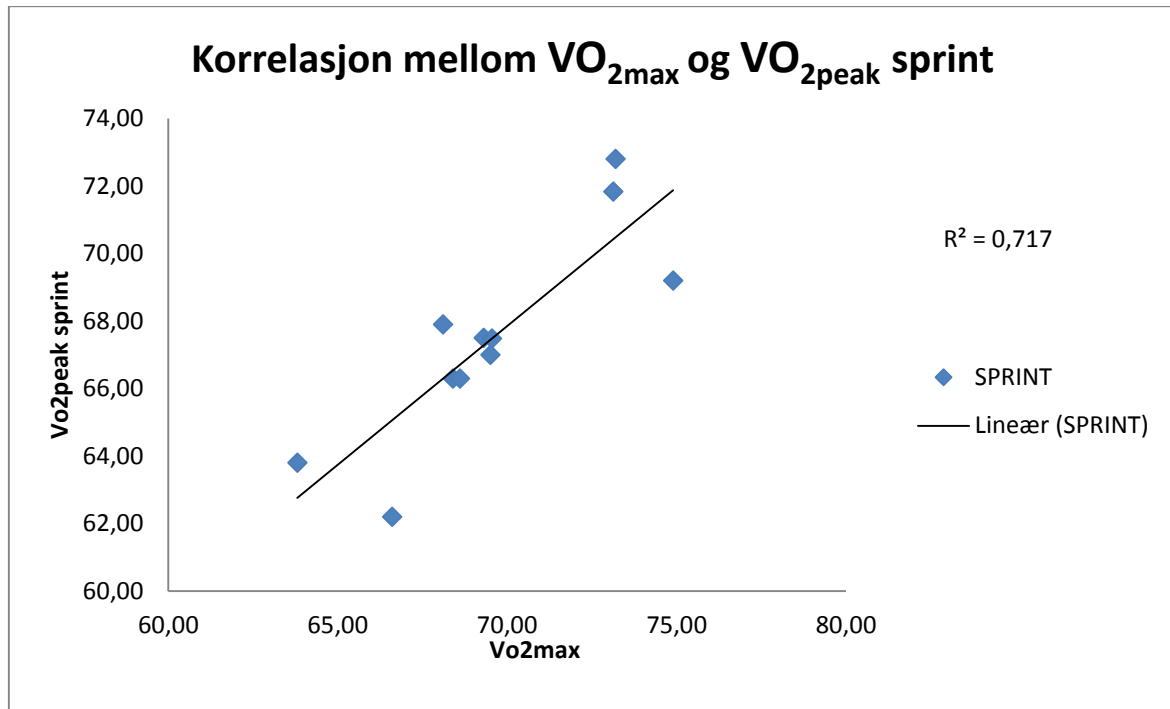


Figur 1: Viser i sekunder hvor lang tid det tar for forsøkspersoner å komme opp i  $VO_{2max}$  på sprinttesten. Hver enkelt linje representerer FP og den svarte stiplede linjen viser gjennomsnittet av alle FP. Spredningen på gjennomsnittslinjen er på 3,19 -13,21 ml/min/kg (r), og gjennomsnitt i standardavvik er 4.91 ml/min/kg. Den første målingen er etter 10 sekunder.

Figur 1 viser at det er store forskjeller i hvor lang tid FP bruker på å komme opp i sin  $VO_{2peak}$  platå (Platå= Når  $VO_2$  flater ut(knekkpunkt) og FP holder seg omtrent stabil på  $VO_2$  nivå resten av testen). Når FP oppnår omtrent 90% av  $VO_{2max}$  begynner  $VO_2$  stigningen å flate ut og holder seg stabil rundt 95% av  $VO_{2max}$ , med et standardavvik på 3.01. De fleste FP holder et stabilt nivå av  $VO_2$  bruk etter oppnådd  $VO_{2peak}$  platå, og noen er litt ustabile etter oppnådd  $VO_{2peak}$  platå. FP brukte mellom 50 og 100 sekunder på å oppnå  $VO_{2peak}$  platå på



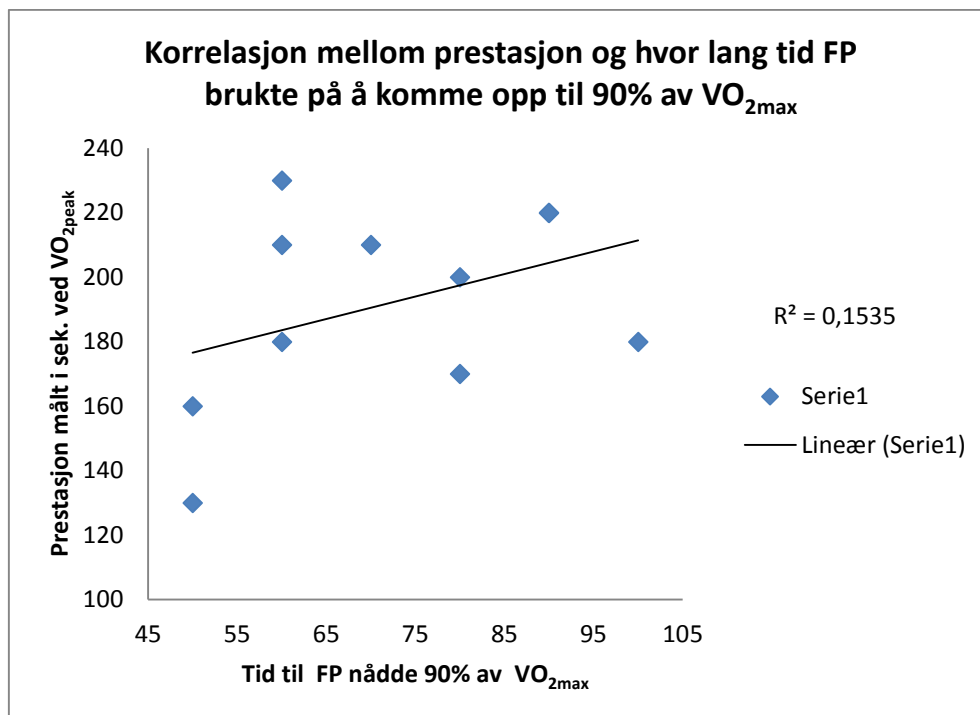
sprintdraget. Alle FP holdt dette  $VO_{2peak}$  plataet helt til utmattelse uten fall i oksygenopptak. Tid til utmattelse av FP varierer fra 140 – 230 sekunder, det avhenger også av startfarten til den enkelte.



Figur 2: Viser sammenhengen mellom  $VO_{2max}$  og andel av  $VO_{2max}$  som brukes i en sprint.

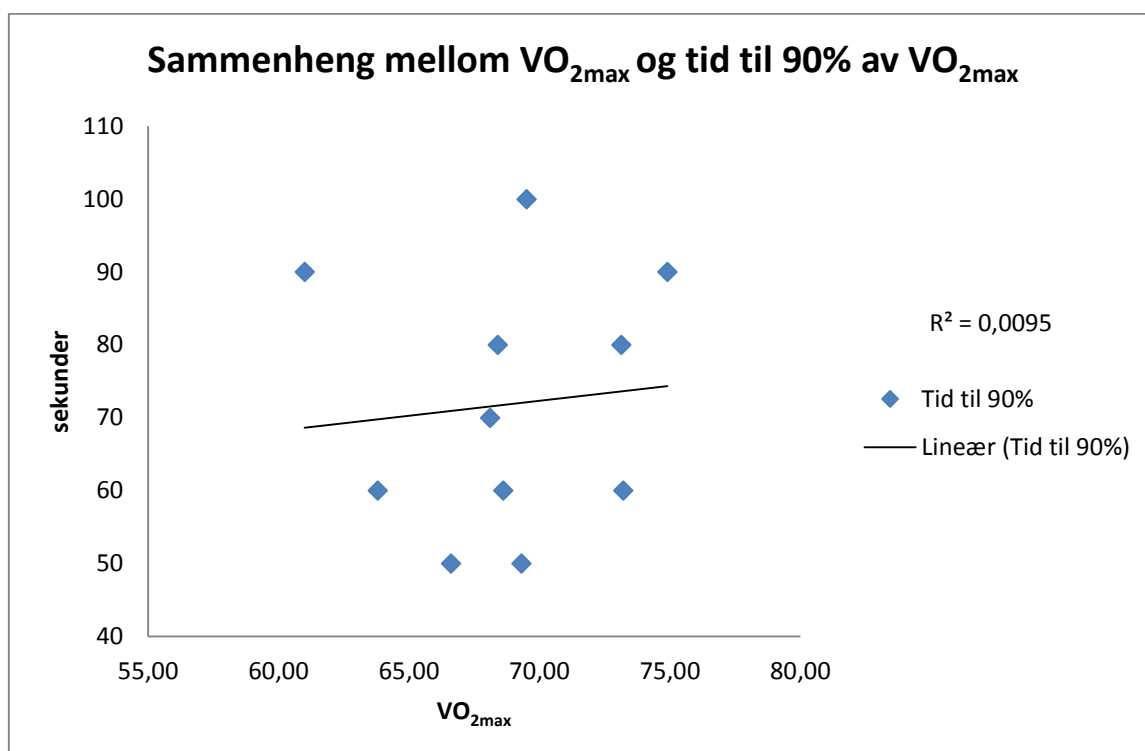
Alle FP varierte fra 89-97% av  $VO_{2max}$  på sprinttesten, og de gikk i gjennomsnitt på ca 95% av  $VO_{2max}$  i 1.30min eller mer ( $VO_{2peak}$ ).

Korrelasjonen ( $R=0.847$ ) viser at det er en meget god sammenheng av  $VO_{2max}$  og hvilken  $VO_{2peak}$  FP stabiliserte seg på i sprinttesten. Dette tyder på at FP kan oppnå 95% av sin  $VO_{2max}$  20 minutter i etterkant av en simulert sprintprolog. Oksygenopptaket steg raskt opp til 90%  $VO_{2peak}$  på sprinttesten, og utflatingen startet på 90% av  $VO_{2max}$  i gjennomsnitt, og økte gradvis til 95% av  $VO_{2max}$ .



Figur 3: Viser sammenhengen mellom prestasjon målt i sekunder og tid FP brukte på å komme opp i oksygenopptak på ca 90% av  $VO_{2max}$ .

Korrelasjon ( $R=0,392$ ) viser at det er en moderat sammenheng mellom prestasjon (hvor lenge FP holdt ut i testen) og hvor raskt FP kom opp i oksygenopptak. FP varierte fra 50 – 100 sekunder i tid til å nå 90% av  $VO_{2max}$ . FP varierte i prestasjon fra 130 – 230 i antall sekunder FP var på rullskimøllen. Variasjonen i gruppa var stor, noe som betyr at omtrent halvparten av FP brukte en større del anaerob energiomsetning for å prestere i testen, mens den andre halvdel brukte en større del aerob energiomsetning for å prestere i testen. Laktat etter endt sprinttest viste en variasjon fra 9.9 – 21.0 mmol men det er ingen korrelasjon mellom laktatnivå og hvor fort FP kom opp i  $VO_{2peak}$ .



Figur 4: Viser sammenhengen mellom  $VO_{2max}$  og hvor lang FP bruker på å oppnå 90% av  $VO_{2max}$ .

Korrelasjonen ( $R=0,097$ ) mellom  $VO_{2max}$  og hvor lang tid FP bruker på å oppnå 90% av  $VO_{2max}$  indikerer at det ikke er sammenheng i det heletatt mellom hvor høy  $VO_{2max}$  FP har og hvor lang tid FP bruker på å oppnå 90% av  $VO_{2max}$ .

Det var ingen korrelasjon mellom kroppsstørrelse (høyde og vekt) og prestasjon.

## Diskusjon

Det viktigste funnet er at det er store forskjeller (50-100 sek) i tid det tar til FP oppnådde  $VO_{2peak}$  platå på denne simulerte langrenn sprinttesten, gjennomført på rullleski i 8% motbakke 3D mølle, der utøveren brukte 10 sek på å komme opp i sin individuelle konstante sprintfart (15,4-18,8 km/t).

Den største variasjon i tid til oppnåelse av  $VO_{2peak}$  på sprinttesten er på 50 sekunder, se figur1. FP4 og FP7 var raskest opp i sin  $VO_{2peak}$  og brukte 50 sekunder, og den som brukte lengst tid var FP1 med 100 sekunder for å oppnå sin  $VO_{2peak}$  på denne testen.

FP som bruker lang tid til  $VO_{2peak}$  må bruke en større andel anaerob energiomsetning enn FP som bruker kort tid til  $VO_{2peak}$ . FP3 (figur1) er den beste sprinteren med fispunkter i sprint på 53, men bruker likevell 80 sekunder til oppnåelse av sin  $VO_{2peak}$ . Dette er 60% lengre tid sammenlignet med FP4 og FP7 som var raskest med 50 sekunder. Dette tyder på FP3 kan ha andre godt utviklete energisystemer når han jobber i høy intensitet.

Vi har fire energisystemer som brukes til bevegelse, men i en så høy hastighet er det grunn til å tro at fettforbrenning aerobt er utelukket. Forskjell i bruk av anaerob

energifrigjøring (laktasid og alaktasid) og omsetting av glukogen aerobt kan forklare forskjell i tid det tar for utøverne å nå sin  $VO_{2peak}$ . Den første energikilden som brukes i oppstart av et arbeid er omsetting av lagret creatinfosfat og ATP som varer i kun få sekunder før anaerob omsetting av glukogen og danning av melkesyren tar over. Melkesyre fungerer som energikilde i 1-2 minutter og ettersom varigheten i arbeidet øker kommer glykosen inn som en større og større leverandør til ATP produksjon. Fett trenger lengre tid og lavere intensitet før den kommer i gang.

FP kan også ha ulike muskeltyper og muskelmasse som kan være med å påvirke tid til  $VO_{2peak}$ . Åstrand og Rodal (12) viser at at  $La^-$  produksjonen øker som et resultat av for-eksempel rekruttering av hurtige muskelfibre (fibertype II Iib) som har lite mitokondrier, oksydative enzymer og kapilærer. Rekruttering av disse muskelfiberne betyr og en større andel av anaerobe energisystemer noe som gjør at tiden til at oksygenopptaket kan bli langsommere. Økt anaerob energifrigjøring kan påvirke forholdene i muskelcellen slik at muskelkontraksjonen begrenses, når lavere PH og økt frie  $H^+$  ioner er kjent å hemme muskelkontraksjon (12). Om muskelkontraksjon hemmes tar og muskelen opp mindre oksygen. I tillegg kan tekniske løsninger i høy fart føre til

fysiologiske komplikasjoner. For eksempel kan stor kraftbruk, manglende avlastninger og mikropauser, redusert venøs retur, dårlig koordinasjon (økt perifer motstand) medføre redusert slagvolum og dårligere aerobe forutsetninger og økt anaerob energifrigjøring. Først og fremst handler sprintlangrenn mye om teknikk. Stöggl (25) Sandbakk (23) viste at dette var en av de viktige faktorene for prestasjon i sprint. Dette gjør at vi må kunne anta at tid til  $VO_{2peak}$  kan utvikles ved hjelp av optimalisering i teknikken. Lengre avlastningsperiode i musklene hos FP har på hvert eneste tak, betyr at FP får mye større blodgjennomstrømning. Resultatet av dette er at musklene får oksygen og kan arbeide mer aerobt.

Hvor fort man kommer opp i oksygenopptak kan påvirkes av treningen som er gjort. Trener utøverne mye langintervall vil det være få starter som stimulerer og utvikler energilagerne av CF og ATP og hastigheten på de aerobe systemene i forhold til den anaerobe melkesyre produksjon som er sentrale energikilder i startfasen av et intervall/hurtighetsdrag. Om utøveren trener mere kortintervall og hurtighetsdrag, innebære det mange flere starter og en vil da sannsynligvis øke kapasiteten til den aerobe «motoren» til å starte tidligere, da dette koster langt mindre energi.

Oppvarming før en sprint vil også ha stor betydning for hvordan energikildene fungerer. Starter man en sprint uten å ha varmet opp anaerobt og satt i gang laktatproduksjon og eliminasjon av laktat vil dette ha negativ påvirkning for energisystemene som ikke vil være klare for anaerobt arbeid. På dette forsøket var FP godt forberedt på sprintprologen når de i forkant hadde gjennomført en  $VO_{2maks}$  test, og de anaerobe systemenes fjerning av avfall er i topp beredskap før selve sprinttesten. Dette gjør at de individuelle forskjellene i denne undersøkelsen ikke er påvirket av dette da alle varmet opp likt.

Forskning (4,5,6,7,8,9) tilsier at den aerobe utholdenheten er hovedsakelig begrenset av tre hovedfaktorer,  $VO_{2max}$ , anaerob terskel og arbeidsøkonomi. Funn i denne studien tyder på at tid til oppnådd  $VO_{2max}$  også er en indikator som kan begrense utøverens evne til å utnytte sitt maksimale oksygenopptak.

Forøkets andre viktige funn er at oksygenopptaket steg raskt opp til 90% av  $VO_{2max}$  på sprinttesten, se figur 2. Utflatingen startet på 90% av  $VO_{2max}$  i gjennomsnitt (hvor plataet starter), og økte gradvis til 95% av  $VO_{2max}$ . Vi ser at FP utnyttet 89-97% av  $VO_{2max}$  når de først kom opp i  $VO_{2peak}$  på sprinttesten. Gjennomsnittet FP stabiliserte seg på var 95% av  $VO_{2max}$  i < 90sekunder. I en

praktisk situasjon vil FP kunne utnytte i gjennomsnitt 95% av  $VO_{2max}$  i sprintprolog med forbehold om f.eks. god oppvarming.

Figur 4 viser at korrelasjonen ( $R=0,097$ ) mellom  $VO_{2max}$  og hvor lang tid FP bruker på å oppnå 90% av  $VO_{2max}$  indikerer at det ikke er sammenheng i det heletatt mellom hvor høy  $VO_{2max}$  FP har og hvor lang tid FP bruker på å oppnå 90% av  $VO_{2max}$ .

Dette betyr at man ikke må ha høy  $VO_{2max}$  for å komme raskt opp i  $VO_{2peak}$ . FP7 har  $VO_{2max}$  på 66.6 ml/min/kg, men klarte ikke å oppnå mer enn 62.2ml/min/kg. FP8 har 64.4ml/min/kg og klarte å oppnå 62.8ml/min/kg. Dette betyr at FP8 klarer å nyttegjøre seg av mer oksygen enn FP7 selv om FP7 har 2.2ml/min/kg mer enn FP8. Det kan tyde på at FP8 har i gjennom trening stimulert tid til  $VO_{2max}$  med mer starter og kortintervaller.

Hvordan utøvere skal trene for å påvirke tid til oppnådd  $VO_{2max}$  kan ikke denne forskningen svare direkte på, kun gi retningslinjer ut i fra våre funn sammenlignet med annen forskning.

## **Konklusjon.**

Denne studien viser store individuelle forskjeller på hvor lang tid topp trente langrennsløpere bruker i tid til oppnådd  $VO_{2peak}$  i en simulert sprinttest. Den største forskjellen var på 50 sekunder.

## Kilder.

- 1 Bergh U, (1982) Physiology in cross-country skiing, Human Kinetics,ampaign, Illinois
- 2 Rusko H, (2003) Cross country skiing
- 3 Gjerset A, Haugen K, Holmstrand P ( 2003), Idrettens Treningslære. Universitetsforlag
- 4 Pate R R, Kristka A, (1984) Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance. Sports Med 1: 87-98.
- 5 Bunc V og Heller J (1989), Energy cost of running in similarity trained men and women. Eur. J. Appl. Physiol.
- 6 Di Prampero P E, Atcho G, Brückner C och Moya C (1986), The energetics of endurance running. Eur. J. Appl. Physiol
- 7 Helgerud J (1994), Maximal oxygen uptake, anaerobe uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons. Eur. J. Appl. Physiol.
- 8 Bassett D R, Howley E T (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. Med Sci Sports Exerc
- 9 Hoff J, Gran A og Helgerud J (2002). Maximal strength training improves aerobic endurance performance. Scand. J. Med. Sci. Sports
- 10 Torvik P-Ø (2004), Utholdenhetstrening i langrenn, trener III kurs. NSF.
- 11 Bergland, 2001, Tids- og teknikkstudie i slak motbakke fra 5km kvinner under wm i trondheim 97.
- 12 Åstrand P O, Rodal K (2003) Textbook of Work Physiology, MacGraw-Hill, New York.
- 13 <http://www.olympiatoppen.no/figomraader/trening/aktuelt/media3803.media>
- 14 Saltin B (1998) the physiology of competitive c.c skiing across a four decade perspective; with a note on training intuced adaptations and role of training at medium altitude. ICSS Science and Skiing. E&FN Spon. Cambridge University Press 435-469
- 15 www.fisski.com
- 16 Sjødin B og Svedenhag J (1985). Physiological

- characteristics of elite male runners in and off-season
- 17 Sæterdal et al. (2005). Utholdenhet – Trening som gir resultater
- 18 <http://www.olympiatoppen.no/foragomraader/trening/aktuelt/media3803.media> (samme som 14)
- 19 Pate, R. R., & Kriska, A. (1984). Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance. *Sports Medicine*, 87-98
- 20 The Essentials of Psychoanalysis (Book) by Sigmund Freud, et al. (2005)
- 21 Sandbakk Ø og Tønnessen E, 2012. Den norske langrennsboka
- 22 Ingjer F (1991) Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and man elite cross-country skiers. *Scand Med Sport Exerc* 1(1):25-30
- 23 Sandbakk Ø, 2011. Physiological and Biomechanical Aspects of Sprint Skiing
- 24 Holmberg HC (2009) The Competitiv Cross-Country skier. An impressive human
- 25 Støggli T, Muller E, Ainegren M, Holmberg H-C (2010) General strength and kinetics: fundamental to sprinting faster in CC skiing. *Scand J Med Sci Sports* p 1-13
- 26 Calkins KG (2005) back to the Table of contents
- 27 Vesterinen V, Mikkola J, Nummela A, Hynynen E, Häkkinen K (2009) Fattigue in a simulated cross-country skiing sprint competition. *J sports Sci* 27:1069-77
- 28 Anderson E, Supej M, Sandbakk Ø, Sperlich B, Støggli T, Holmberg H – C (2010). Analysis of sprint cross country skiing using a differential global navigation sattalite system. *Eur J Appl physiol* doi10.1007/s00421-010-1535-2 Epub