

**Niclas Stensrud Andersen**

## **Hvilke fysiske tester bør juniorlangrennsløpere benytte i grunntreningsperioden?**

Validering av fysiologiske tester og prestasjonsbestemmende faktorer for langrennsprestasjon hos juniorlangrennsløpere

**Masteroppgave i idrettsvitenskap**  
Seksjon for fysisk prestasjonsevne  
Norges idrettshøgskole, 2015



## Sammendrag

Formålet med studien var å kartlegge om barmarkstester gjennomført i forberedelsesperioden kan predikere langrennsprestasjonen om vinteren. Og samtidig hvilke fysiologiske faktorer som forklarer endring i prestasjonen på rulleskitest i treningssesongen, hos juniorlangrennsløpere på høyt nasjonalt nivå.

Det ble rekruttert 18 juniorlangrennsløpere, 12 gutter og 6 jenter fra Norges toppidrettsgymnas Geilo. Deltakerne ble testet ved 3 anledninger mai/juni (T1), august (T2) og oktober/november (T3). Deltakerne testet maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2max}$ ) løp på tredemølle og på stakeergometer. De gjennomførte prestasjonstester i motbakke på rulleski og løp. FIS-poeng ble registrert ved slutten av den påfølgende konkurransesesongen og definert som langrennsprestasjon i studien.

Gruppen samlet hadde en signifikant forbedring i  $VO_{2max}$  løp (5,3%) og tid brukt på rulleskitesten (8,6%), T1 til T3. Det var i de samme testene signifikant forskjell mellom endringen til jenter og gutter, T1-T2. Endringen i  $VO_{2max}$  korrelerte signifikant med endringen i rulleskitesten ( $r=-0,49$ ). Det var en signifikant korrelasjon mellom tid brukt på løpstest samt rulleskitest og langrennsprestasjon for jenter, men ikke for gutter.

Økning i  $VO_{2max}$  løp kan være med på å forklare forbedringen i tid brukt på rulleskitesten. Barmarkstester gjennomført i forberedelsesperioden kan være med på å predikere langrennsprestasjonen på vinteren, for jenter.

## Forord

En stor takk rettes til min hovedveileder Thomas Losnegard for god hjelp til planlegging av intervensjonen og ikke minst for tilbakemeldinger og innspill underveis i skriveprosessen.

Takk til biveileder Bjarne Rud for konstruktive tilbakemeldinger under planlegging, intervensjon og gjennom skriveprosessen.

Takk til medstudent Eirik Flaten Langøy for godt samarbeid under hele prosjektet, og gode råd i skriveprosessen.

Takk til medstudent Øyvind Skattebo for dine erfaringer og god hjelp spesielt i starten av prosjektet.

Takk til deltakerne fra NTG Geilo, og ikke minst trenere Geir Endre Rogn og Øyvind Olstad, som tok initiativ til prosjektet og holdt hjulene i gang på Geilo.

# Innhold

SAMMENDRAG .....	3
FORORD .....	4
INNHold .....	5
1. INNLEDNING .....	7
1.1 Problemstillinger .....	8
2. TEORI.....	9
2.1 Prestasjonsbestemmende faktorer i langrenn.....	9
2.2 $VO_{2max}$ hos langrennsløpere .....	10
2.3 Teknikk og ulike stilarter .....	10
2.4 Fysiologisk adaptasjon til trening .....	11
2.5 Testprosedyrer i langrenn .....	13
3. METODE.....	15
3.1 Deltakere .....	15
3.2 Eksperimentelt design .....	15
3.3 Testprosedyrer .....	16
3.3.1 Tilvenning .....	16
3.3.2 Innendørs stakeprotokoll .....	16
3.3.3 Innendørs løpsprotokoll .....	18
3.3.4 Utendørs løpsprotokoll .....	19
3.3.5 Utendørs rulleskiprotokoll .....	20
3.4 Treningen .....	20
3.5 Langrennsprestasjon.....	20

3.6	Statistiske metoder.....	20
4.	RESULTATER.....	22
4.1	Trening .....	22
4.2	Endring i tester T1-T2-T3 .....	23
4.3	Langrennsprestasjon.....	24
4.4	Fysiologiske tester .....	28
5.	DISKUSJON .....	31
5.1	Endring i prestasjon .....	31
5.2	Langrennsprestasjon og fysiologiske faktorer.....	33
5.3	Sammenheng mellom utetester og fysiologiske tester .....	36
5.4	Begrensninger ved studien.....	38
6.	KONKLUSJON .....	39
	REFERANSER .....	40
	TABELLOVERSIKT.....	46
	FIGUROVERSIKT .....	47
	FORKORTELSER .....	48

# 1. Innledning

Langrenn er en helkroppsovelse der bidraget til fremdrift kommer fra både over- og underkropp. Andelen fra hver kroppsdel varierer mellom ulike stilarter og teknikker (Smith, 1992). I klassisk diagonalgang kommer hovedbidraget fra bena, mens i skøyting kommer halvparten, eller mer, fra overkroppen (Pellegrini, Bortolan & Schema, 2011).

Målet med langsiktig utholdenhetstrening er forbedret prestasjon ved å forbedre prestasjonsfremmende fysiologiske faktorer (Losnegard, Myklebust & Hallén, 2012). I idretter som løping, svømming og sykling er det vanlig at 95-100 % av utholdenhetstreningen utføres i den konkurransespesifikke bevegelsesformen (Billat, Demarle, Slawinski, Paiva & Koralstein, 2001; Siewierski, 2010; Zapico, Caleron, Benito, González, Parisi, Pigazzo & Di Salvo, 2007), i langrenn derimot viser studier at kun 50 % av treningstiden blir brukt på konkurransespesifikk bevegelsesform (Losnegard, Myklebust, Spencer & Hallén, 2013; Tønnessen, Sylta, Haugen, Hem, Svendsen & Seiler, 2014). Sammenlignet med under løping måler langrennsløpere høyere  $VO_{2maks}$  i diagonalgang (Holmberg, Rosdahl, & Svedenhag, 2007; Stromme, Ingjer, & Meen, 1977), de måler lavere i skøyting (Losnegard & Hallén, 2014), mens de i staking måler ca. 8-16% lavere  $VO_{2maks}$  enn i løping (Bjorklund, Holmberg, & Stoggl, 2015; Bojsen-Moller, Losnegard, Kemppainen, Viljanen, Kalliokoski & Hallén, 2010; Holmberg, Rosdahl & Svedehaug, 2007; Losnegard, Schafer & Hallén, 2014; Nilsson, Holmberg, Tveit, & Hallén, 2004; Popov & Vinogradova, 2012; Rud, Secher, Nilsson, Smith, & Hallen, 2014; Sandbakk, Ettema, & Holmberg, 2014). Ulik  $VO_{2maks}$  i ulike teknikker og aktivitetsformer gjør det derfor utfordrende å overføre testresultater til den konkurransespesifikke aktiviteten.

Enda mer utfordrende blir det når det er usikkert hvorvidt endring i  $VO_{2max}$  kan forklare sesongvariasjon i prestasjon hos eliteutøvere. Det er imidlertid vist større sesongvariasjon både i  $VO_{2max}$  og prestasjon hos yngre langrennsløpere og utøvere på lavere nivå (Losnegard, 2013; Gaskill, Serfass, Bacharach & Kelly, 1999; Ingjer, 1991). Losnegard et al. (2012) fant at  $VO_{2maks}$  på rulleski inne på tredemølle predikerer 70% av oppnådde FIS-distansepoeng. Tester utført på stakeergometer har også i flere studier (Mygind, Larsson & Klausen, 1991; Rundell & Bacharach, 1995; Wisløff & Helgerud, 1998; Biloudeau, Roy, & Boulay, 1995) vist en god evne til å predikere

langrennsprestasjon. Det samme gjelder staketester utendørs på rulleski (Mahood, Kenefick, Kertzer & Quinn, 2000; Rundell & Bacharach, 1995). I tillegg til at langrennsløpere trener relativt lite konkurransespesifikt er det også vanlig at de gjør fysiologiske tester under løp på tredemølle istedenfor på rulleski eller i et stakeergometer. Begrenset tilgjengelighet og høy pris for testing av  $VO_{2max}$  og laktatterskel i laboratorium (>1500 kr) gjør at det er behov for å validere rimeligere og enklere tester som kan predikere langrennsprestasjon, kanskje spesielt for yngre løpere. Gode tester utenfor laboratoriet velegnet til å predikere prestasjonen på snø om vinteren vil derfor være et nyttig verktøy for å styre treningen. I denne sammenheng er det også nødvendig å vite hvilke fysiologiske variabler man må forbedre for å øke prestasjonen i disse testene.

### **1.1 Problemstillinger**

1. Kan en utendørs rulleskitest gjennomført i forberedelsesperioden predikere prestasjonen i langrennskonkurranser om vinteren.
2. Hvilke fysiologiske faktorer forklarer endring i prestasjonen på rulleskitest i treningssesongen.



## 2. Teori

### 2.1 Prestasjonsbestemmende faktorer i langrenn

Prestasjonen i langrenn bestemmes av gjennomsnittshastigheten under en konkurranse. Gjennomsnittshastigheten (m/s) bestemmes av utøverens energiomsetning per tid (J/s) og hvor effektivt denne energien kan utnyttes til ytre mekanisk arbeid i fartsretningen (J/m) (di Prampero, Atchou, Brückner & Moia, 1986; di Prampero 2003). Hastigheten kan derfor enkelt uttrykkes som:

$$\text{Hastighet (m/s)} = \text{Energiomsetning (J/s)} / \text{Energikostnad (J/m)}$$

Endring i hastighet vil derfor påvirkes ved en endring i energiomsetningen og/eller endring i energikostnad (arbeidsøkonomi). Den totale energiomsetningen bestemmes av aerobt og anaerobt bidrag, der den aerobe energiomsetningen vil være dominerende ved varigheter over ca. 1 min (Spencer & Gastin, 2001). Den aerobe energiomsetningen bestemmes av kroppens evne til å ta opp og forbruke oksygen, og det maksimale oksygenopptaket ( $VO_{2\text{maks}}$ ) er mål på den maksimale aerobe energiomsetningen.

$$\text{Oksygenopptak} = \text{Minuttvolum} \times a\text{-}v \text{ O}_2\text{diff.}$$

Etter Ficks ligning kan oksygenopptaket uttrykkes som et produkt av hjertets minuttvolum og differansen mellom arterienes og venenes oksygeninnhold (a-v  $O_2$ diff). Hjertets minuttvolum bestemmes av mengden blod som pumpes ut hvert minutt, gitt av hvor mye blod som pumpes ut ved hvert slag (slagvolum) og frekvensen. Videre vil evnen til å utnytte det tilgjengelige oksygenet påvirke hastigheten. Utnyttelsesgraden defineres som prosentandelen av det maksimale oksygenopptaket man klarer å utnytte over en gitt tid eller distanse. Ved sammenhengende arbeid lengre enn 6-10 min (Hallén, 2002) vil utnyttelsesgraden være lavere enn  $VO_{2\text{maks}}$ . Videre reduseres utnyttelsesgraden i takt med økende varighet. Bidrag fra anaerobe energiprosesser vil også påvirke hastigheten (di Prampero et al. 1986, di Prampero 2003, Basset & Howley, 2000)

Avhengig av varighet og løypeprofil på konkurransen vil de ulike faktorene som påvirker hastigheten bidra forskjellig. Dagens langrennskonkurranser varierer fra 2-3

min og opp til flere timer for senior, og noe kortere for junior. Bidraget fra henholdsvis aerob og anaerob energiomsetning vil derfor variere. Anaerobt energibidrag under en simulert sprintprolog (170s) på rulleskimølle utgjør ca. 26% og forskjellen i sprintprestasjon (170 s) på rulleskimølle synes å være mer relatert til forskjeller i anaerob kapasitet enn maksimal aerob effekt eller oksygenkostnad hos en gruppe eliteløpere med ulik sprinterfaring. I tradisjonell distanselangrenn der konkurransetiden er lengre vil anaerob kapasitet være en mindre betydningsfull faktor (Losnegard et al., 2012).

## **2.2 $VO_{2max}$ hos langrennsløpere**

$VO_{2maks}$  er en svært viktig faktor for prestasjonen i langrenn. Langrennsløpere er blant utholdenhetsutøverne i verden med høyest maksimalt oksygenopptak (Ingjer, 1992). Verdier over  $80 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  er assosiert med verdens beste mannlige langrennsløpere. Hos kvinner er det funnet verdier mellom 70 og  $80 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . (Ingjer, 1991; Losnegard et al., 2013; Sandbakk & Holmberg, 2014; Sandbakk et al., 2011; Svendsen, Gleeson, Haugen, & Tonnessen, 2015). Juniorlangrennsløpere på høyt nivå måler noe lavere og verdier mellom 65 og  $80 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  er målt hos gutter og verdier mellom 55 og 70 er målt hos jenter (McGawley & Holmberg, 2014; Sandbakk et al., 2011). Det finnes også enkeltindivider som måler opp mot  $85\text{-}90 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (Ingjer, 1992). Alle disse verdiene stammer fra tester der løp har vært benyttet som bevegelsesform.

Hvor effektivt kroppen omsetter ATP til ytre mekanisk arbeid er med på å avgjøre hastigheten (Joyner & Coyle, 2008). I idretter som løp og langrenn der det er vanskelig å angi den ytre effekten er det vanlig å angi arbeidsøkonomi som oksygenkostnad per meter. Oksygenkostnaden kan variere med 30-40% mellom individer målt ved løp (Conley & Krahenbuhl, 1980; Farrell, Wilmore, Coyle, Billing & Costill, 1979; Joyner, 1991), mens det i langrenn er funnet en variasjon opp mot 20% (Losnegard et al., 2012). Juniorlangrennsløpere har på sin side 4-5% høyere oksygenkostnad enn seniorløpere, men det er ingen forskjell mellom kjønn (Ainegren, Carlsson, Tinnsten & Laaksonen, 2013).

## **2.3 *Teknikk og ulike stilarter***

Langrenn er et helkroppsarbeid, der forholdet i bidraget (til hastigheten) fra overkropp og bein varierer med ulike teknikker (Smith, 1992). I klassisk stil kommer

hovedbidraget fra underkroppen (diagonalgang). I skøyting bidrar overkroppen like mye, eller mer, som beina (Pellegrini, Bortolan, & Schena, 2011). Langrennsløpere måler høyere  $VO_{2max}$  i diagonalgang enn ved løp (2,9-13,9%) (Holmberg et al., 2007; Stromme et al., 1977). Samtidig måler de lavere i skøyting (3%) (Losnegard & Hallén, 2014). I staking, der bidraget i all hovedsak kommer fra overkroppen, måler langrennsløpere ca 8-16% lavere  $VO_{2max}$  enn i løping (Bjorklund et al., 2015; Bojsen-Moller et al., 2010; Holmberg et al., 2007; Losnegard et al., 2014; Nilsson et al., 2004; Popov & Vinogradova, 2012; Rud et al., 2014; Sandbakk et al., 2014). Det er vist at ved økende belastning (54 til 76% av  $VO_{2max}$ ) i staking øker også oksygenopptaket i både armer (20%) og ben (53%). Det økte oksygenopptaket i beina kom som følge av økt blodstrøm og økt oksygenekstraksjon. I armene var det ingen forandring i oksygenekstraksjonen og det økte opptaket skyldtes derfor den økte blodstrømmen (Rud et al., 2014).

## **2.4 Fysiologisk adaptasjon til trening**

I en studie gjort på godt trente langrennsløpere i alder 18-20 år fant de en 10% forbedring i staking på rulleski etter en 20 ukers intervensjonsperiode der andelen rulleskitrening økte med 27%. Forbedringen på rulleski korrelerte med økningen av den relative andelen myosin heavy chain (MHC) 2 fibre i triceps brachii (Terzis, & Holmberg, 2006). I en annen studie utført på godt trente utøvere på nasjonalt og regionalt nivå over seks uker, ble det funnet en økning i  $VO_{2max}$  staking uten at det var endring i  $VO_{2max}$  løp. Gruppen trente 3 minutters drag på 85% av gjennomsnittseffekten, beregnet ut fra maksverdien oppnådd på en 6 minutters makstest på stakeergometer, tre ganger i uken (Nilsson et al., 2004). I en studie utført av Lucia et al. (2000) på syklister på "verdensnivå" hevder forfatterne at når et visst treningsnivå er oppnådd, vil økt treningsintensitet eller treningsvolum ikke assosiere med forbedring i  $VO_{2max}$ . I kontrast ble det i to andre studier utført på yngre elitelangrennsløpere (Ingjer, 1992) og elitesyklister (Zapico, 2007) funnet bedring i  $VO_{2max}$ . Derfor hevder Losnegard et al. (2013) at man kan anta at majoriteten i utviklingen av  $VO_{2max}$  skjer rundt puberteten og at kun små forandringer skjer hos seniorløpere på elitenivå, som allerede har tilegnet seg høy  $VO_{2max}$ . Disse studiene tyder på at ved spesifikk trening kan man øke  $VO_{2max}$  staking, også hos godt trente langrennsløpere opp til en alder på 20år (Ingjer, 1992; Norman, Ounpuu, Fraser & Mitchell, 1989), og forutsatt at ikke arbeidsøkonomien og utnyttingsgraden samtidig blir dårligere vil dette alene føre til

bedre prestasjon. Losnegard et al. (2013) hevder  $VO_{2max}$ , sammen med oksygenkostnad, er den viktigste fysiologiske faktoren for prestasjon i langrenn. Hovedfunnet i den samme studien er at  $VO_{2max}$  målt på rulleski dobbeldans (V2) predikerer 70% av oppnådde FIS-distansespoeng i følgende konkurransesesong. Høyest mulig  $VO_{2max}$  betyr nødvendigvis ikke at man oppnår den beste prestasjonen, men det tyder på at de beste prestasjonene i langrenn krever en veldig høy  $VO_{2max}$  (Saltin & Åstrand 1967, Basset & Howley 2000).

Flere studier viser at utholdenhetsutøvere trener ca. 60-100 timer per måned i grunntreningsperioden, avhengig av den muskulære belastningen i hver enkelt bevegelsesform (Billat, Demarle, Slawinski, Paiva & Koralsztein, 2001; Holmberg et al., 2007, Losnegard et al., 2013; Tonnessen et al., 2014, Zapico et al., 2007). Sandbakk et al. (2011) rapporterer om en noe lavere varighet i treningen hos juniorlangrennsløpere, i samme periode, ca. 40 timer. Av disse timene er det vanlig at 95-100% av utholdenhetstreningen utføres i den konkurransespesifikke bevegelsesformen (Billat et al., 2001; Siewierski, 2010; Zapico et al., 2007), dette gjelder for løping, sykling og svømming. I langrenn derimot er det mer vanlig at langrennsløpere i grunntreningsperioden trener mer variert, med løp og sykkel som alternative bevegelsesformer. Nylige studier rapporterer at kun 50% av tiden blir brukt på konkurransespesifikk trening (Losnegard et al., 2013; Tonnessen et al., 2014), og at så mye som 45-50% kan blir brukt på løping, istedenfor for den mer konkurranselignende bevegelsesformen rulleski, i sommersesongen. Langsiktig utholdenhetstrening vil ideelt sett føre til forbedret prestasjon, i tillegg til forbedring i prestasjonsfremmende fysiologiske faktorer, som  $VO_{2max}$  (Losnegard 2013). Derimot har få studier klart å systematisk dokumentere sesongvariasjon/endring i  $VO_{2max}$ , sammen med endring i prestasjon hos eliteutøvere. I studien utført av Ingjer (1991), med datainnsamling fra 80-tallet, ble det funnet 5-10% høyere  $VO_{2max}$  i konkurransesesongen enn i tidlig forberedelsesfase hos elitelangrennsløpere. Det samme har blitt observert i unge langrennsløpere (Gaskill et al., 1999). I en studie utført på langrennsløpere på lavere nivå viste de utøverne med høyere  $VO_{2max}$  mindre endring i  $VO_{2max}$  fra mai til september, enn de utøverne i studien som hadde lavere  $VO_{2max}$  i mai. Utøverne med lavere  $VO_{2max}$  ( $65 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) hadde en signifikant økning i både løping og ski skøyting i samme periode (Losnegard & Hallén 2014). Sammen med funn i andre studier kan det tyde på at unge utøvere (<20år) og utøvere på et lavere nivå

(lavere  $VO_{2max}$ ) har større sesongvariasjon i  $VO_{2max}$  enn det eliteløpere har.

## **2.5 Testprosedyrer i langrenn**

Laktatterskelen (definert som den høyeste hastigheten eller effekten der produksjonen og eliminasjonen av laktat er lik) påvirker utnyttelsesgraden (Joyner & Coyle, 2008), og det er sammenheng mellom utnyttelsesgraden og oksygenopptaket på laktatterskel.

Laktatterskelen påvirker derfor oksygenopptaket under utholdenhetsaktivitet (Basset & Howley, 1997; LaFontaine, Londeree & Spath, 1981.) Ved likt oksygenopptak er det vist en høyere produksjon av laktat ( $La^-$ ) ved armsykling enn ved bensykling (Hooker, Wells, Manore, Philip & Martin, 1990) og det er vist større laktatproduksjon ved staking enn ved teknikker som i større grad benytter seg av underkroppen (Hoffman, Clifford, Snyder, O'Hagan Mittelstadt, Roberts... Gaskill, 1996). Løping på tredemølle har tradisjonelt blitt brukt til å vurdere kapasiteten til langrennsløpere.  $VO_{2max}$  og laktatterskel (LT) har blitt brukt til å gi et estimat på utholdenhetsprestasjonen. Disse testene overser bruken og bidraget fra overkroppen, og flere studier har etterhvert sett på den mer konkurranselignende bevegelsesformen rulleski, og da gjerne på tredemølle eller i form av et stakeergometer. Mygind et al. (1991) konkluderte i sin studie på danske langrennsløpere at et stakeergometer kan bli brukt til å evaluere langrennsløperes prestasjon. Det maksimale oksygenopptaket, testet før og etter en konkurransesesong og målt på stakeergometer korrelerte signifikant ( $r = -0,8$ ) med langrennsprestasjon. En lignende studie gjort på amerikanske elite skiskyttere fant en sterk korrelasjon mellom oppnådd effekt på stakeergometer og langrennsprestasjon, hos kvinner. Det ble ikke funnet et lignende resultater hos menn, noe forfatterne mener skyldes at gruppen var homogen med tanke på prestasjon (Rundell & Bacharach, 1995). I samme studie ble det observert en signifikant korrelasjon mellom langrennsprestasjon og tid brukt på en staketest i motbakke hos menn. Resultatene i disse studiene antyder at overkroppsspesifikk testing kan være informativt og bør bli brukt i evalueringen av langrennsløpere på elitenivå (Wisløff & Helgerud, 1998). Det bekrefter Bilodeau et al., (1995) som fant at en spesifikk overkroppstest ( $VO_{2max}$ -test på stakeergometer) var mer relatert til langrennsløperes form enn en  $VO_{2max}$ -test gjort på tredemølle løp. I et forsøk på å finne utetester som kan predikere prestasjon i langrenn, konkluderte Mahood et al. (2001) at en 1-km staketest på rulleski var det som kunne predikere langrennsprestasjon best. Tiden brukt på denne staketesten korrelerte best med både resultater i langrennskurranser og et 10-km testløp på rulleski skøyting. De hevder at dette mest

sannsynlig er relatert til den utstrakte bruken av overkroppen i langrenn og at en test som bare stiller krav til underkroppen (løping) ikke fanger opp hele bildet. Den forholdsvis korte staketesten (1km ~ 4 min) tyder på at energien må komme fra både aerobe og anaerobe prosesser. Derfor vil en slik test, som tar høyde for begge variabler, kunne predikere prestasjon bedre en test som bare ser på en av variablene alene.

### 3. Metode

#### 3.1 Deltakere

Det ble rekruttert 18 juniorlangrennsløpere, 12 gutter og 6 jenter fra Norges Toppidrettsgymnas ved Geilo (NTG Geilo) til å være med i studien. Deltakerne var på høyt nasjonalt nivå i sine aldersklasser, med enkelte topp-3 plasseringer i NC/NM. Alle forsøkspersoner (FP) fikk utdelt et informasjonsskriv om studien som måtte underskrives før oppstart. Alle FP hadde til enhver tid anledning til å trekke seg fra studien. Prosjektinformasjon ble vurdert av Regionale komiteer for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK), avdeling sør-øst (Referanse nr: 2014/1200-3).

*Tabell 3.1.1: Karakteristikk på deltakerne.*

Variabel	Jenter (n=6)	Gutter (n=12)
Alder (år)	17 ± 1	18 ± 1
Høyde (cm)	166 ± 5	180 ± 6
Vekt (kg)	60 ± 5	78 ± 7
Kroppsmasseindeks (kg·m <sup>2</sup> )	18 ± 1	22 ± 1
VO <sub>2max</sub> løp (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	62 ± 3	73 ± 2
FIS-distansepoeng	149 ± 41	142 ± 48
FIS-sprintpoeng	313 ± 52	279 ± 66

*Data er gjennomsnitt ± standardavvik. n=18.*

#### 3.2 Eksperimentelt design

Det ble gjennomført tester ved tre tidsperioder; mai/juni (T1), august (T2) og oktober/november (T3). Alle testene ble gjennomført på Geilo (790moh). Følgende tester ble gjennomført: maksimalt oksygenopptak i løping, maksimalt oksygenopptak stakeergometer, motbakkeløp og rulleskitest. Det ble gjort en tilvenningstest på stakeergometer før T1. Alle deltakere var fra før godt kjent med testprosedyrer for måling av maksimalt oksygenopptak på tredemølle (løp), og i utetestene løp og rulleski. Testene ble gjennomført på to påfølgende dager, til samme tid i døgnet hver gang. Halvparten av gruppen testet løp på dag én og resten testet staking. Rekkefølgen var lik ved alle tre tester. FP ble bedt om å avstå fra intensiv trening de siste 48 timene før testing. FP som ikke kunne møte på ekstra testdager ble ekskludert fra studien. Utetestene på løp og rulleski ble gjennomført av trenere ved NTG Geilo, under standardiserte forhold. Utetestene ble gjennomført 1 uke før testene innendørs.

Gjennomført trening ble registrert av alle FP under hele perioden. Tre FPer som ikke hadde trent tilstrekkelig grunnet sykdom har blitt ekskludert fra studien.

### **3.3 Testprosedyrer**

#### **3.3.1 Tilvenning**

Alle FP gjennomførte to tilvenningsøkter på stakeergometeret før T1. En fri økt på 10-20 minutter der deltakerne fikk prøve og gjøre seg kjent med apparatet. Den andre økten ble gjennomført som en forkortet versjon av den endelige testprotokollen. Deltakerne gjennomførte 2 min på hver submaksimale belastning. For å avgjøre «pacing-watt» til makstesten, ble det gjennomført en 5 min makstest der målet var å utvikle så høy gjennomsnittseffekt som mulig i løpet av tiden. Resultatet dannet grunnlaget for pacing-watten som ble brukt under det første 1,5 min på makstesten. Deltakerne produserte høyere effekt på T1 sammenlignet med tilvenningstesten ( $8,7 \pm 7,2\%$ ;  $p < 0,05$ ). Deltakerne gjennomførte ikke tilvenning før måling av maksimalt oksygenopptak løp, utendørs løpstest og utendørs rulleskitest, da de har testet dette regelmessig og er godt kjent med testene fra før.

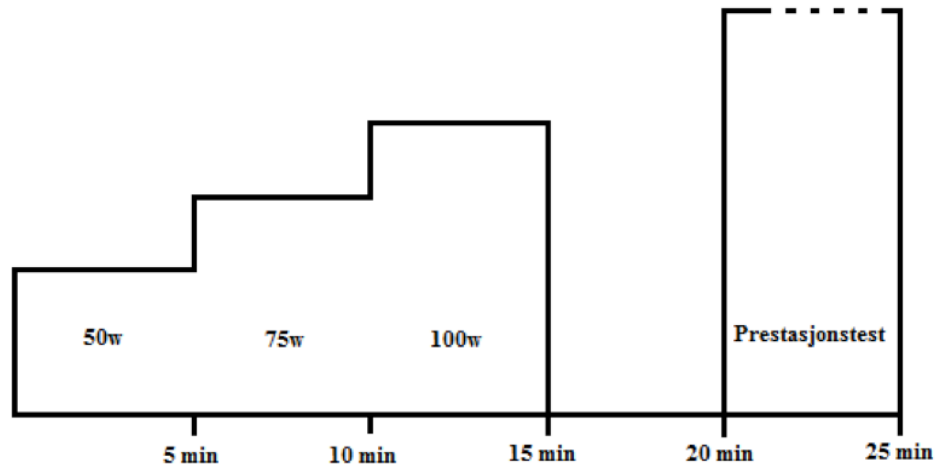
#### **3.3.2 Innendørs stakeprotokoll**

Det ble brukt et stakeergometer av typen Thorax Trainer (ThoraxTrainer ApS, Kokkedal, Danmark, figur 3.3.2). Stav lengden ble bestemt på tilvenningstesten og ble standardisert til tilsvarende kortere staver for å oppnå lik stav lengde som FP benyttet utendørs klassisk stil rulleski. Stavene var av typen Swix CT-1. Stakeergometeret bremses elektromagnetisk og motstand «7» ble benyttet for alle tester og for alle deltakere. Pilottesting og erfaring fra tidligere prosjekter ved Norges idrettshøgskole har vurdert denne motstanden til å være overkommelig for jenter, og samtidig tung nok for gutter, til å utvikle tilstrekkelig effekt. Motstandskoeffisienten på svinghjulet ble regelmessig sjekket underveis i testing. Deltakerne gjennomførte 3 submaksimale drag på en gitt belastning; 30, 40 og 50 Watt for jenter og 50, 75 og 100 Watt for gutter. Deltakerne gjennomførte en standardisert oppvarming før testen, 10 minutter løping ( $55-72\%$  av  $HF_{maks}$ ). Testen bestod av 3 submaksimale drag à 5 min på de tidligere nevnte wattverdier. Dragene ble gjennomført sammenhengende, tilsammen 15 min.

En standardisert kalibrering ble utført mellom hver deltaker. Luftstrøms turbinen for volummåling av inspirasjons- og ekspirasjonsgassen (Triple V; Erich Jaeger GmbH,



Hoechberg; Tyskland) ble byttet mellom hver deltaker og kalibrert med en 3L kalibreringspumpe (Calibration Syringe, series5530; Hans Rudolph Inc. Kansas City, Missouri, USA.). Gassanalysatoren ble kalibrert mot omgivelsesluft og kalibreringsgass (5,9% CO<sub>2</sub>, 14,9% O<sub>2</sub> og restgass nitrogen; Riessner Gase GmbH, Lichtenfels, Tyskland). Omgivelsesforholdene, temperatur og luftfuktighet ble også oppdatert mellom hver test. Deltakerne ble veid før test (Seca model nr: 877; Seca GmbH & Co., Hamburg, Tyskland). Oksygenopptaket ble målt kontinuerlig under arbeidet med en Oxycon Pro (Oxycon Pro; Jaeger Instrument, Hoechberg, Tyskland), pust til pust, med individuelt tilpasset ansiktsmaske. Pust til pust-metoden ble valgt for at måleutstyret ikke skulle komme i konflikt med stavene. Deltakerne fikk se på en monitor underveis i testen der effekten per stavtak og gjennomsnittseffekten for gjeldene "belastning" ble vist. Etter den submaksimale delen av testen, fikk deltakerne 5 min pause der de fikk drikke vann. Den 5 min lange makstesten ble innledet med 90 sek kontrollert belastning der deltakerne lå på sin oppnådde gjennomsnittswatt fra tilvenningen. Etter 90 sek styrte deltakerne selv effektutviklingen, med mål om å oppnå høyest mulig gjennomsnittseffekt under de resterende 3,5 min. Deltakerne hadde en grafisk fremstilling (Figur 3.3.1) av testprotokollen foran seg, samt en klokke og de fikk sterk verbal oppmuntring om resterende tid og positive tilbakemeldinger hvert 30 sek under hele makstesten. Ved endt test ble deltakerne bedt om å rangere opplevd anstrengelse med Borgs Rating of Percieved Exertion (RPE) 1-10 skala. Oksygenopptaket og hjertefrekvensen (HF) ble målt kontinuerlig under hele testen (Polar S610i™, Polar Electro Oy, Kempele, Finland).



*Figur 3.3.1: Testprotokollen som ble brukt under staketesten (gutter).*

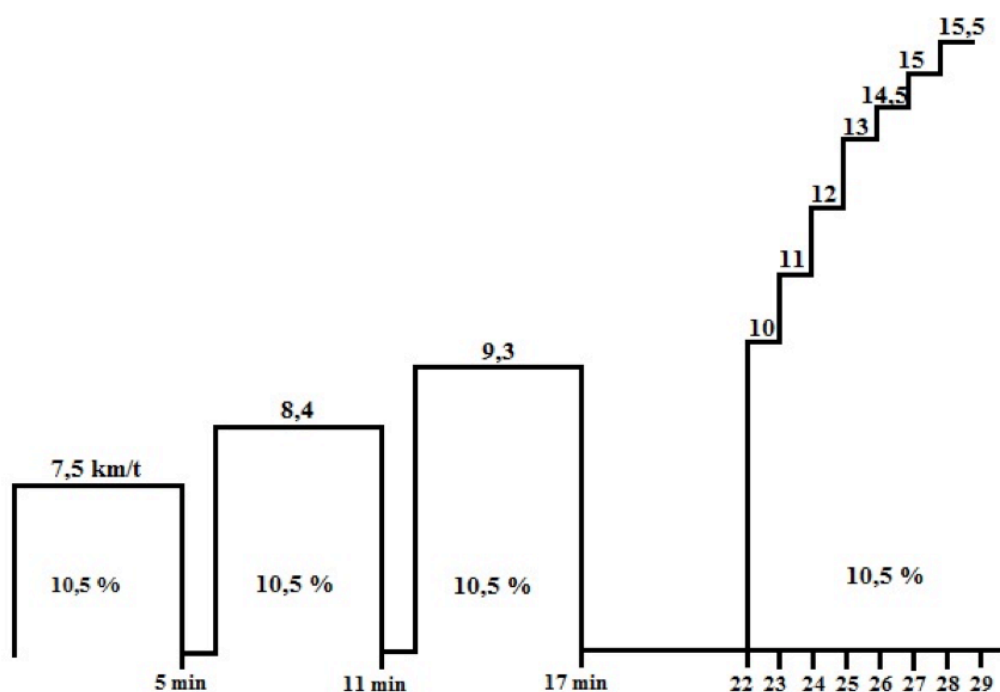


*Figur 3.3.2: Stakeergometeret som ble brukt under staketesten.*

### 3.3.3 Innendørs løpsprotokoll

Løpstenen innendørs ble gjennomført på tredemølle (Woodway Desmo- Evo; Woodway GmbH, Waukesha, Wisconsin, USA.) Før testen ble deltakerne veid og instruert i testprosedyre og protokoll. Deltakerne varmet opp i 10 min på 55-72% av  $HF_{maks}$ , før de gjennomførte 3-4 submaksimale drag à 5 min, med 1 min pause mellom hver belastning. Stigningsgraden på tredemøllen var 10,5%. Starthastigheten ble bestemt fra tidligere tester og varierte fra 5,7 til 8,4 km/t og hastigheten ble økt med 0,9km/t for hvert drag. De siste 2,5min av hvert drag ble deltakerens oksygenopptak målt. Det ble brukt miksekammer. Standardisert kalibrering ble gjennomført ved start hver testdag og etter hver fjerde testperson. Kalibreringsmetodene ved løpetesten var de samme som for staketesten, men ble ikke utført like hyppig, grunnet bruken av samme luftstrømssturbin for hver deltaker. Hjerterefrekvensen ble målt under hele testen med

Polar S610i. Deltakerne rangerte subjektiv anstrengelse etter hver belastning på Borgs RPE 1-10. Den submaksimale delen av testen ble avsluttet når laktatverdien passerte 3,5mmol/L. Deltakerne gjennomførte like mange drag på alle tre testene, uavhengig av laktatverdi ved T2 og T3. Antall submaksimale drag varierte mellom 3 og 4 for deltakerne. Deltakerne fikk 5 min pause før testing av  $VO_{2max}$ . Måling av  $VO_{2max}$  ble gjennomført ved hjelp av trappetrinnsprotokoll til utmattelse der jentene startet på 9 km/t og guttene 10 km/t. Hastigheten økte med 1 km/t hvert min de første 3 min, fra 4. min økte hastigheten med  $\frac{1}{2}$  km/t per min. Testvariablene ble blindet for deltakerne, men de ble muntlig oppmuntret underveis. Etter endt test rangerte deltakerne subjektiv anstrengelse på Borgs 1-10 RPE og tid til utmattelse (TTU) ble notert.



**Figur 3.3.3:** Illustrasjon av protokollen som ble brukt under løpstesten. Her er det tatt utgangspunkt i en deltaker som startet den submaksimale testen på 7,5 km/t og gjennomførte 3 submaksimale belastninger.

### 3.3.4 Utendørs løpsprotokoll

Testen ble gjennomført som fellesstart i en asfaltløype på 2,88 km med total høydeforskjell på 200m (gjennomsnittlig stigning 6,9 %). En standardisert oppvarmingsprotokoll på 45 min, utviklet av NTG Geilo, ble brukt før løpstesten.

### **3.3.5 Utendørs rulleski-protokoll**

Deltakerne gjennomførte rulleski-testen med samme skipar (Swenor Skate, Swenor Rollerskis, Lidköping, Sverige, Type-2 hjul) under alle tre testene. Rulleskiene ble lagret tørt og ikke brukt mellom testene. Deltakerne fikk utdelt sitt skipar 30 min før testen. Oppvarmingen bestod av 10 min løp og en individuell og standardisert oppvarming på rulleski. Testen ble utført i skøyteteknikk, og løypens profil gjorde at hovedsakelig dobbeldans ble benyttet av alle deltakere. Testen ble utført som enkeltstart med 30 sek startintervall, deltakerne startet i kronologisk rekkefølge, rangert etter tidligere resultater. Testløypen var 5,75 km med total høydeforskjell på 235m (gjennomsnittlig stigning på 4,08%).

### **3.4 Treningen**

Deltakerne loggførte all trening under intervensjonen etter ”Session-goal” metoden der deltakerne førte opp tiden i de sonene de hadde som mål å ligge i under treningsøkten (Seiler & Kjerland, 2006). Utholdenhetstreningen ble loggført i Olympiatoppens dagbok og ble kategorisert i tre intensitetssoner: lav intensiv trening (LIT; 55-82% av  $HF_{maks}$ ), middels intensiv trening (MIT; 82-87% av  $HF_{maks}$ ) og høy intensiv trening (HIT; 87-100% av  $HF_{maks}$  løp). I tillegg ble all annen trening, som styrke, spenst og bevegelse o.l. loggført.

### **3.5 Langrennsprestasjon**

Langrennsprestasjonen ble definert som oppnådde FIS-distansepoeng i konkurransesesongen etter intervensjonen, ved poengliste nr.7 som ble oppdatert 29.april.2015 ([www.fis-ski.com](http://www.fis-ski.com)). FIS-poeng ble beregnet ut fra deltagelse i FIS-renn (norgescup og norgesmesterskap, i tillegg til eventuelle internasjonale renn) og det er snittet av de fem beste resultatene i løpet av inneværende sesong som blir lagt for grunnlag for poenggivningen. FIS-poengene fra hvert renn blir kalkulert ut i fra forholdet mellom deltakerens tid, vinnerens tid, renndistansen, renntype, rennkategori og FIS-poengene til de tre best rangerte deltakerne blant de fem beste i konkurransen (Carlsson et al. 2014). I denne studien ble FIS-distansepoeng kalt FIS-poeng. FIS-sprintpoeng ble ikke analysert videre.

### **3.6 Statistiske metoder**

Data ble fremstilt som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik (SD). For å se på endringer

mellom kjønn ble det brukt tosidig uparet Student's t-test. Endring mellom tester ble undersøkt med tosidig paret Student's t-test. Forskjell i endring fra pre- til posttest mellom kjønn ble undersøkt med toveis variansanalyse (ANOVA) for repeterte målinger. For å se på sammenhengen mellom to variabler ble det brukt Pearsons produkt-moment korrelasjonskoeffisient (Pearson's r). Korrelasjonskoeffisienten ble klassifisert som lav/ingen sammenheng ( $0,1 \leq r < 0,3$ ), moderat ( $0,3 \leq r < 0,5$ ), sterk ( $0,5 \leq r < 0,7$ ), veldig sterk ( $0,7 \leq r < 0,9$ ) og nesten perfekt ( $r \geq 0,9$ ) (Hopkins, 2000). Signifikansnivået ble satt til  $p < 0,05$  og  $p < 0,1$  ble omtalt som en tendens. Data ble behandlet i Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft, Redmond, USA) og IBM SPSS Statistics 20.0 (International Business Machines (IBM), New York, USA).

## 4. Resultater

### 4.1 Trening

Tabell 4.1.1: Ukentlig treningsmengde, mellom T1 og T2.

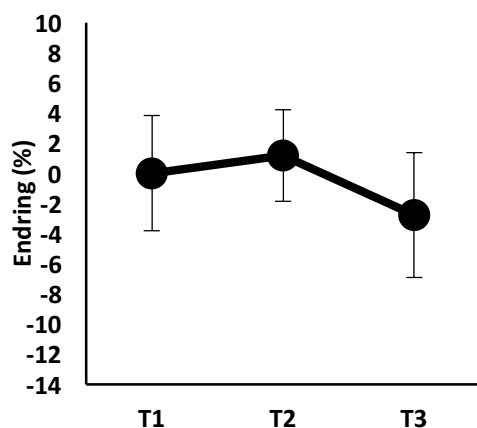
	Mai – Aug. (T1-T2)	
	Timer	Fordeling %
Utholdenhet LIT (<81% av HF <sub>max</sub> )	12,6 ± 2,5	81 ± 18
Utholdenhet MIT (82-87% av HF <sub>max</sub> )	0,6 ± 2,0	3,8 ± 1
Utholdenhet HIT (>88 HF <sub>max</sub> )	0,5 ± 3,0	3,2 ± 2
Styrke	1,4 ± 6,0	9,0 ± 4
Annet	0,5 ± 3,0	3,2 ± 2
Totalt	15,6 ± 4,8	100

Treningen fra T2 til T3 var tilsvarende. Utholdenhet inneholder løp, rulleski og langrenn. Data er gjennomsnitt ± standardavvik, n=18. Eventuell spesifikk langrennstrening er lagt inn under rulleski.

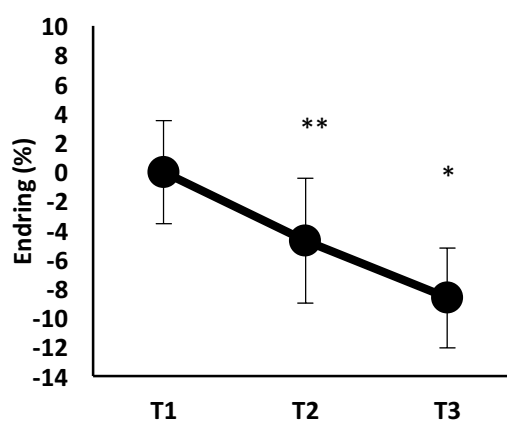
Den gjennomsnittlige fordelingen mellom løp og rulleski var på henholdsvis 43% og 57%. Forsøkspersonene hadde i snitt 50 min med konkurranse, uspesifisert bevegelsesform, i hele perioden. Forsøkspersonene trente i snitt 9 min sprint og hurtighet i uken. Forsøkspersonene hadde i snitt 9 treningsøkter ukentlig. Det var ingen forskjell i antall treningsøkter mellom jenter og gutter, totalt 93 økter.

## 4.2 Endring i tester T1-T2-T3

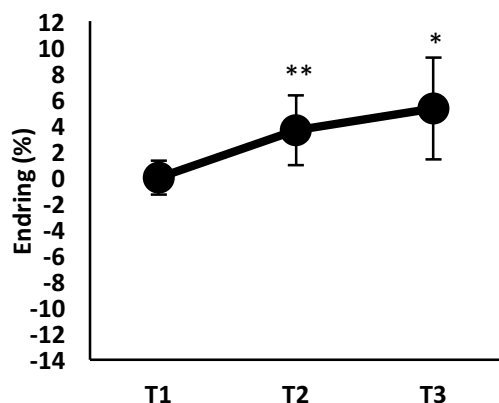
A)  $VO_{2max}$  staking ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )



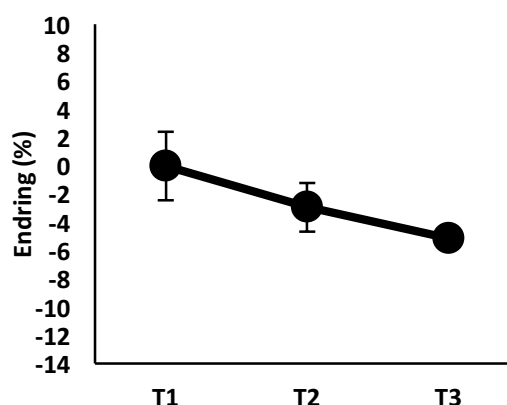
B) Rulleskitest



C)  $VO_{2max}$  løp ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )



D) Løpetest



**Figur 4.2.1.A-D:** Prosentvis endring i variabler fra mai (T1) til oktober (T3). A)  $VO_{2max}$  Stakeergometer, B) Rulleskitest, C)  $VO_{2max}$  Løp, D) Løpetest. Feilmarkører er standardavvik. \* signifikant endring mellom tester. \*\* signifikant forskjell mellom kjønn. T1 n=15, T2 n=12, T3 n=12.

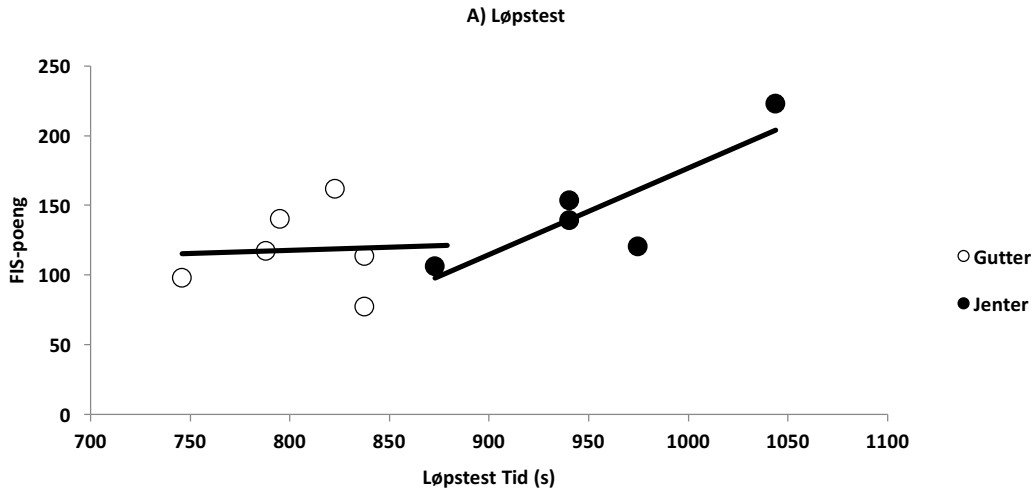
Figur 4.2.1.A) Det var ingen signifikant endring i  $VO_{2max}$  staking, hverken for jenter eller gutter separat eller samlet. Figur 4.2.1.B) Forsøkspersonene hadde en signifikant reduksjon i tid fra T1-T2 (4,7%) og fra T1-T3 (8,6%) på rulleskitesten ( $p < 0,05$ ). Det var også en signifikant forskjell mellom endringen til guttene (7,0%) og jentene (1,7%) i endringen fra T1-T2 i rulleskitesten ( $p < 0,05$ ). Figur 4.2.1.C) Det var en signifikant

endring i  $VO_{2max}$  løp T1-T2 (3,7%) og T1-T3 (5,3%) ( $p<0,05$ ). Det var også en signifikant forskjell mellom endringen til guttene (4,9%) og jentene (2,0%) T1-T2 ( $p<0,05$ ). Figur 4.2.1.D) Det var ingen signifikant reduksjon i tid på løpetesten, hverken for gutter eller jenter separat eller samlet.

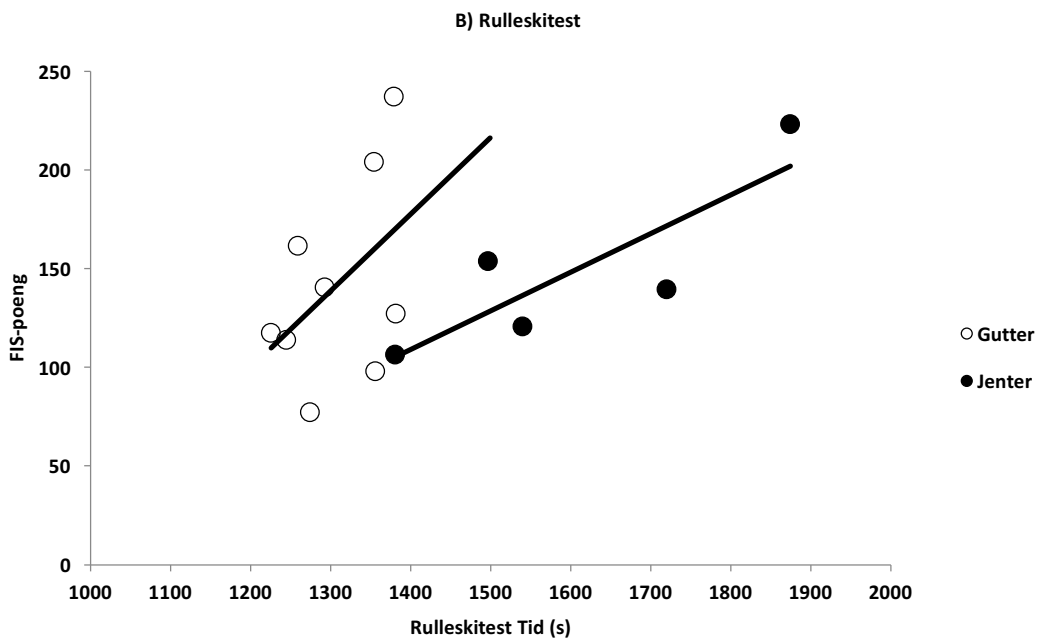
### **4.3 Langrennsprestasjon**

Etter sesong hadde jentene i snitt  $149\pm 41$  FIS-distansepoeng. De brukte i snitt  $1614\pm 162$  s på rulleskitesten og  $95\pm 52$  s på løpstesten (snitt av T1, T2 og T3). Etter sesong hadde guttene i snitt  $142\pm 48$  FIS-distansepoeng. De brukte i snitt  $1335\pm 77$  s på rulleskitesten og  $820\pm 38$  s på løpstesten (snitt av T1, T2 og T3). Det var signifikant forskjell mellom oppnådde distansepoeng og sprintpoeng for begge kjønn ( $p<0,05$ ). Det var ingen signifikant forskjell i oppnådde FIS-distansepoeng, FIS-sprintpoeng eller FIS-poeng totalt mellom jenter og gutter ( $p>0,05$ ). Det var en sterk korrelasjon mellom distansepoeng og sprintpoeng for gutter ( $r=0,78$ ) og veldig sterk for jenter ( $r=0,85$ ).  
Figur 4.3.1-4.A-D:

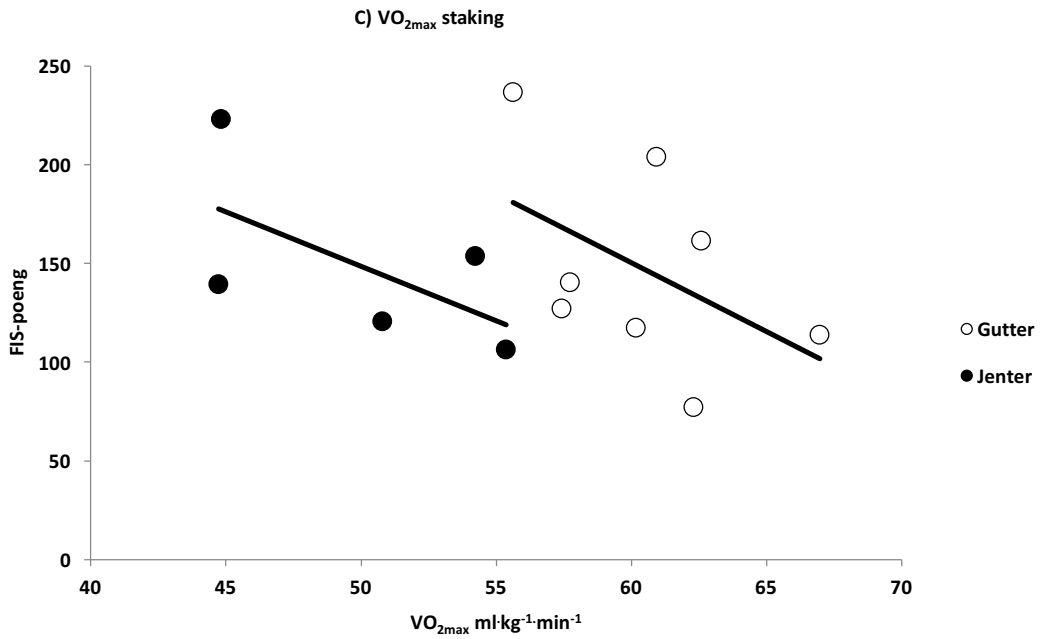




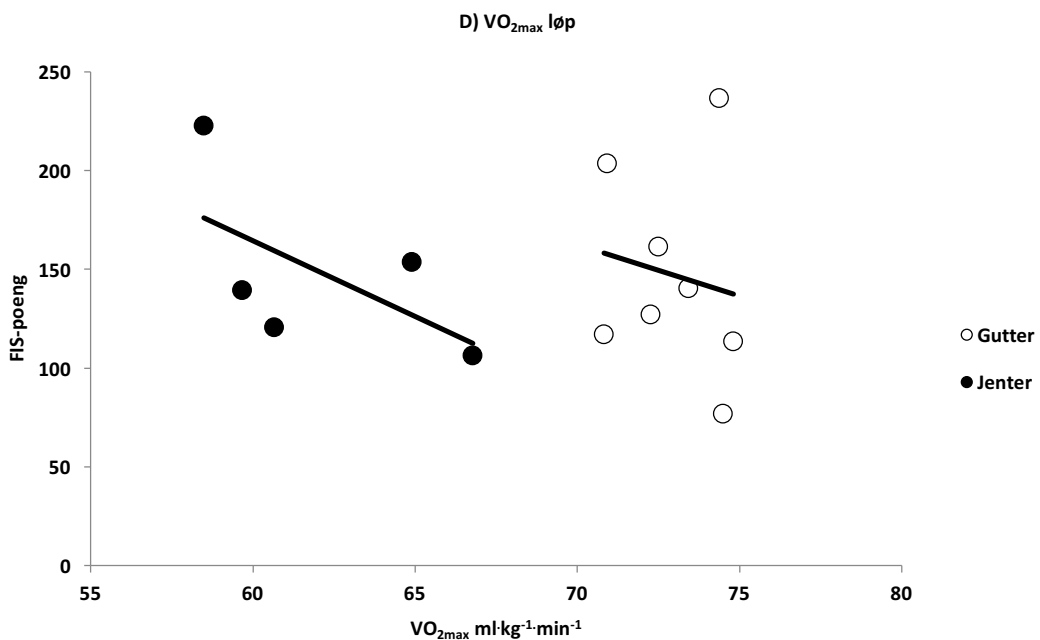
**Figur 4.3.1:** A) Sammenheng mellom prestasjon på løpstest og FIS-poeng. Den heltrukne linjen viser trenden for hvert kjønn. Jenter  $n=5$ , gutter  $n=6$ .



**Figur 4.3.2:** B) Sammenheng mellom prestasjon på rulleskitest og FIS-poeng. Den heltrukne linjen viser trenden for hvert kjønn. Jenter  $n=5$ , gutter  $n=9$ .



**Figur 4.3.3:** C) Sammenheng mellom  $VO_{2max}$  staking og FIS-poeng. Den heltrukne linjen viser trenden for hvert kjønn. Jenter  $n=5$ , gutter  $n=8$ .



**Figur 4.3.4:** D) Sammenheng mellom  $VO_{2max}$  løp og FIS-poeng. Den heltrukne linjen viser trenden for hvert kjønn. Jenter  $n=5$ , gutter  $n=8$ .

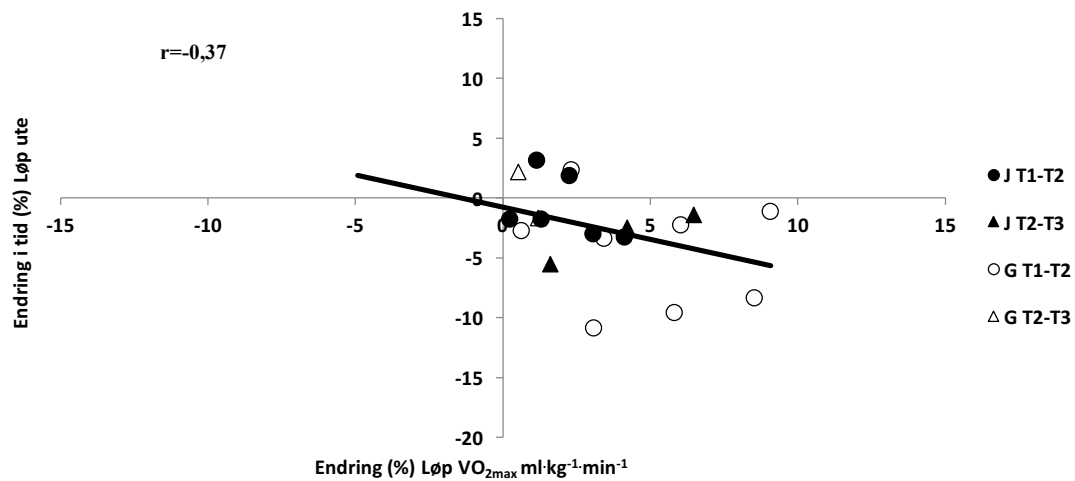
Det var en signifikant veldig sterk korrelasjon mellom tid brukt på løpstest (A) og FIS-poeng for jenter ( $r=0,85$ ,  $p<0,05$ ) og ingen korrelasjon for gutter ( $0,05$ ).

Det var en signifikant veldig sterk korrelasjon mellom tid brukt på rulleskitest (B) og FIS-poeng for jenter ( $r=0,84$ ,  $p<0,05$ ) og moderat korrelasjon for gutter ( $r=0,46$ ,  $p=0,11$ ).

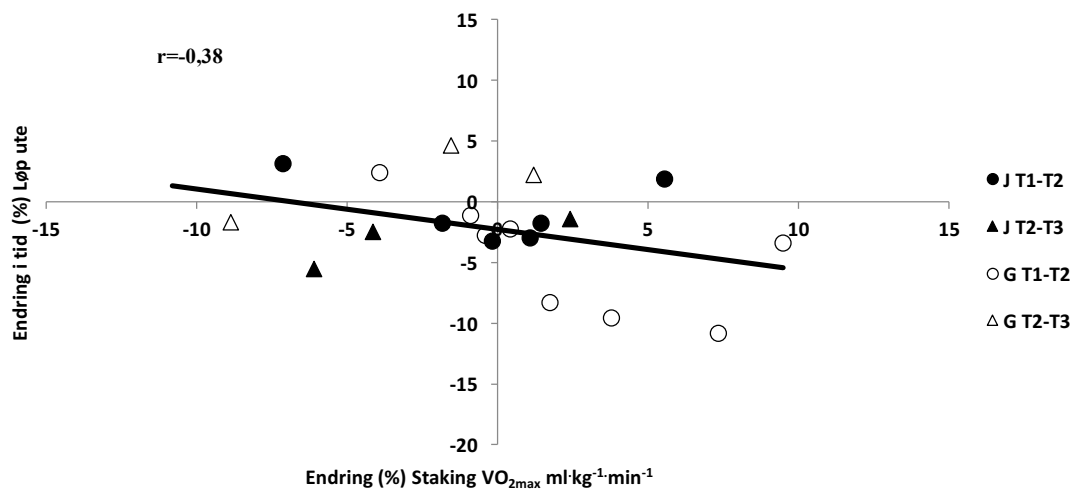
Det var sterk korrelasjon mellom  $VO_{2max}$  staking (C) og FIS-poeng for jenter ( $r=-0,62$ ,  $p=0,13$ ) og moderat korrelasjon for gutter ( $r=-0,49$ ,  $p=0,20$ ).

Det var sterk korrelasjon mellom  $VO_{2max}$  løp (D) og FIS-poeng for jenter ( $r=-0,60$ ,  $p=0,14$ ) og ingen korrelasjon for gutter ( $r=-0,16$ ).

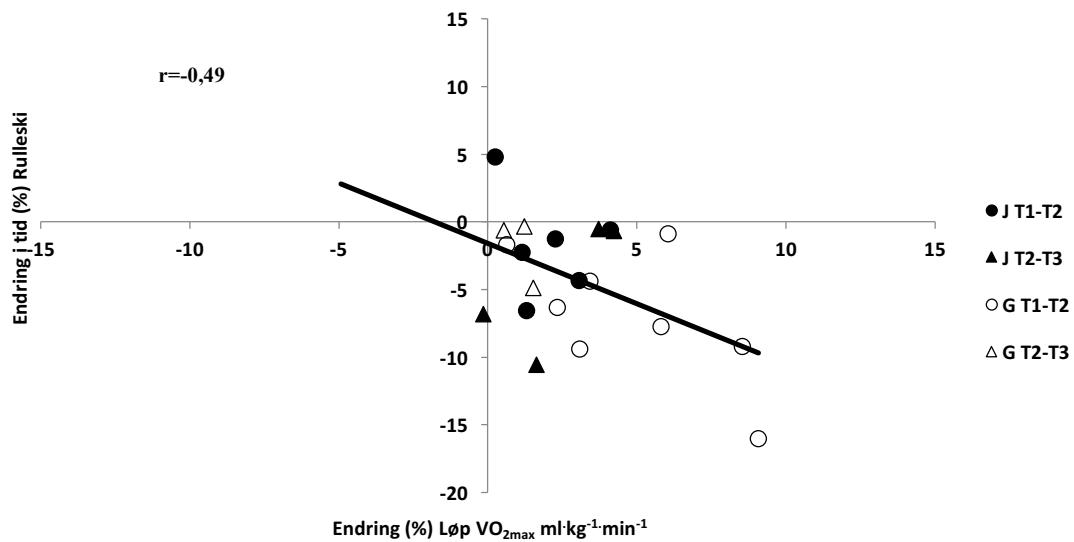
#### 4.4 Fysiologiske tester



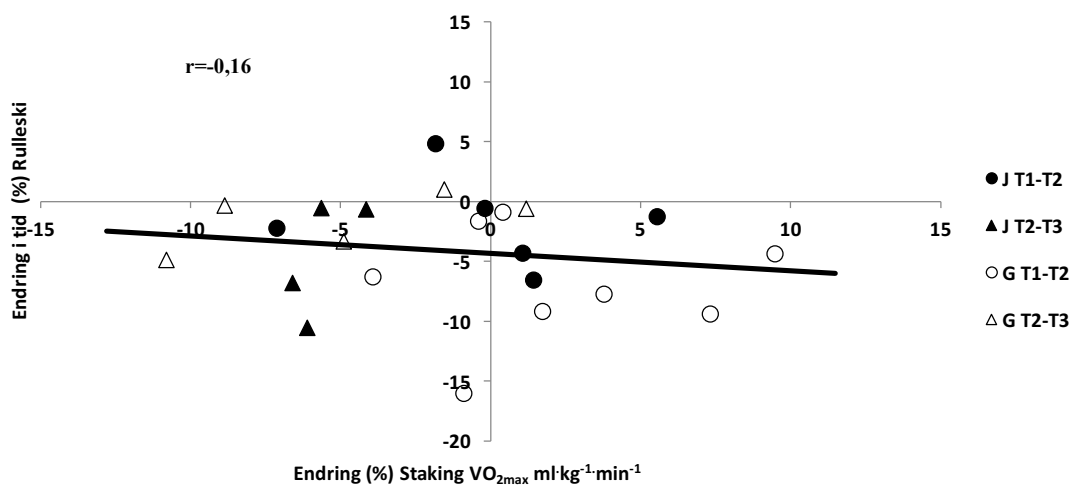
**Figur 4.4.1:** Sammenheng mellom endringen i  $VO_{2max}$  løp og endringen i løpstesten. Jenter og gutter separat, T1-T2 og T2-T3. Den heltrukne linjen viser trendlinje for alle tester samlet.  $p=0,07$ .  $n=18$ .



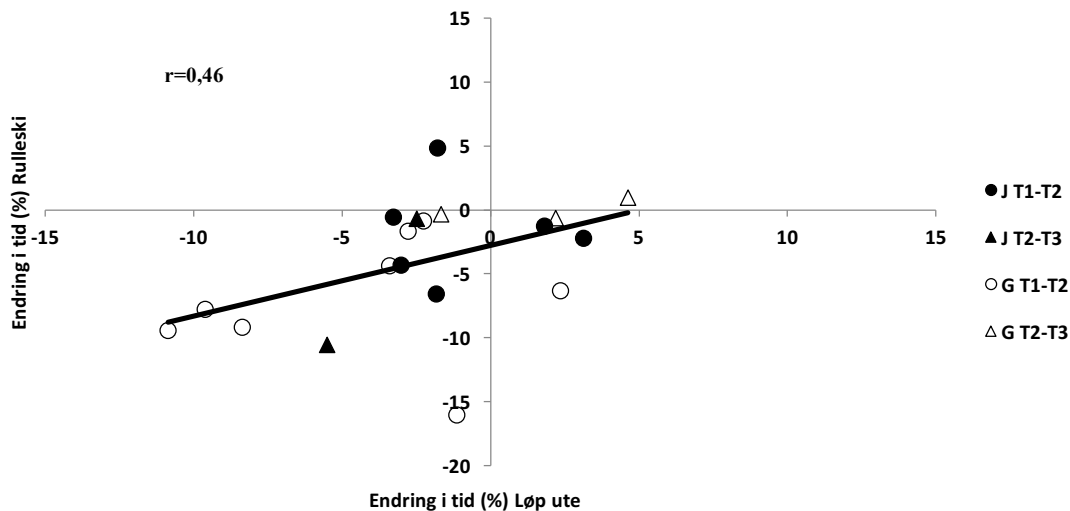
**Figur 4.4.2:** Sammenheng mellom endringen i  $VO_{2max}$  staking og endringen i løpstesten. Jenter og gutter separat, T1-T2 og T2-T3. Den heltrukne linjen viser trendlinje for alle tester samlet.  $p=0,05$ .  $n=19$



**Figur 4.4.3:** Sammenheng mellom endringen i  $VO_{2max}$  løp og endringen i rulleskitesten. Jenter og gutter separat, T1-T2 og T2-T3. Den heltrukne linjen viser trendlinje for alle tester samlet.  $p=0,01$ .  $n=20$ .



**Figur 4.4.4:** Sammenheng mellom endringen i  $VO_{2max}$  staking og endringen i rulleskitesten. Jenter og gutter separat, T1-T2 og T2-T3. Den heltrukne linjen viser trendlinje for alle tester samlet.  $p=0,23$ .  $n=23$ .



**Figur 4.4.5:** Sammenheng mellom endringen i løpstesten og endringen i rulleskitesten. Jenter og gutter separat, T1-T2 og T2-T3. Den heltrukne linjen viser trendlinje for alle tester samlet.  $p=0,03$ .  $n=18$

For jenter var det en veldig sterk korrelasjon ( $>0,80$ ) i endringen mellom tid brukt på løpstest og  $VO_{2max}$  staking ( $r=0,84$ ,  $p=0,25$ ,  $n=3$ ), samt endringen i tid brukt på løpstest og  $VO_{2max}$  løp ( $r=0,97$ ,  $p=0,08$ ,  $n=3$ ), begge T2-T3.

Det var en sterk korrelasjon ( $>0,50$ ) mellom endringen i følgende tester: rulleskitest og  $VO_{2max}$  staking ( $r=0,69$ ,  $p=0,16$ ,  $n=4$ ),  $VO_{2max}$  staking og  $VO_{2max}$  løp ( $r=0,57$ ,  $p=0,16$ ,  $n=6$ ),  $VO_{max}$  løp og rulleskitest ( $r=0,77$ ,  $p=0,12$ ,  $n=4$ ), alle T2-T3.

For gutter ble det ikke funnet noen veldig sterk korrelasjon ( $>0,80$ ) mellom endringene i tester. Det var en sterk korrelasjon ( $>0,50$ ) mellom endringen i følgende tester T1-T2: løpstest og  $VO_{2max}$  staking ( $r=-0,64$ ,  $p=0,04$ ,  $n=8$ ), rulleskitest og  $VO_{2max}$  løp ( $r=-0,62$ ,  $p=0,05$ ,  $n=8$ ). T2-T3 ble det funnet sterk korrelasjon ( $>0,50$ ) mellom endringen i følgende tester:  $VO_{2max}$  staking og rulleskitest ( $r=0,61$ ,  $p=0,14$ ,  $n=5$ ),  $VO_{2max}$  staking og  $VO_{2max}$  løp ( $r=-0,72$ ,  $p=0,14$ ,  $n=4$ ),  $VO_{2max}$  staking og løpstest ( $r=0,79$ ,  $p=0,16$ ,  $n=3$ ), rulleskitest og  $VO_{2max}$  løp ( $r=-0,70$ ,  $p=0,25$ ,  $n=3$ ) og rulleskitest og løpstest ( $r=0,68$ ,  $p=0,26$ ,  $n=3$ ).

## 5. Diskusjon

Formålet med studien var å kartlegge om barmarkstester gjennomført i forberedelsesperioden kan predikere langrennsprestasjonen om vinteren. I tillegg ble det undersøkt hvilke fysiologiske faktorer som forklarer endring i prestasjonen på rulleskitest i treningssesongen, hos juniorlangrensløpere på høyt nasjonalt nivå.

Hovedfunnene var:

- 1) Rulleskitest i skøyting motbakke og løpstest i motbakke korrelerte signifikant med prestasjonen på snø for jentene, men ikke for guttene.
- 2) I løpet av forberedelsesperioden reduserte gruppen tid på rulleskitest skøyting og økte  $VO_{2max}$  løp (samt tid til utmattelse). Det ble ikke funnet endringer i  $VO_{2max}$  staking.
- 3) Endring i rulleskiprestasjon korrelerte signifikant med endring i  $VO_{2max}$  løp.

### 5.1 Endring i prestasjon

Deltakerne i vår studie trente ~15 timer i uken under studien, der ~80% av den totale treningstiden var på lav intensitet og kun ~3% ble brukt til HIT. Fordelingen mellom LIT og HIT er tilsvarende det som er funnet hos seniorløpere (Losnegard et al 2013, Losnegard & Hallén 2014, Sandbakk et al 2011, Tønnesen et al 2014). I tråd med studiene som finner en økning i  $VO_{2max}$  hos yngre løpere og/eller løpere på lavere nivå (lavere  $VO_{2max}$ ), får deltakerne i vår studie en økning i løpet av forberedelsesperioden. Det er et sprik mellom ulike studier på om LIT alene kan øke  $VO_{2max}$  eller om det må være i kombinasjon med HIT (Losnegard, 2013). Laursen & Jenkins (2002) foreslår at for veltrente atleter vil ikke en økning i LIT føre til forbedret  $VO_{2max}$ . Rusko (1987; 1992) fant at HIT var mer effektivt, enn LIT, for å øke  $VO_{2max}$  også hos yngre løpere. Større mengde LIT var assosiert med høyreforskyvning i anaerob terskel, noe vi ikke har testet for i vår studie. Sandbakk et al., 2011 fant også en god forbedring hos en gruppe juniorlangrensløpere som økte andelen HIT i 8 uker, over en kontrollgruppe som trente

uforandret. Vår studie kan tyde på at endringen som skjer i  $VO_{2max}$ , selv med et relativt liten andel HIT, skyldes et potensielt forbedringspotensial hos deltakerne, enten som følge av et lavt utgangsnivå og/eller deres alder. I tråd med Losnegard et al. (2013) kan det også skyldes at deltakerne hadde et lavere treningsvolum og intensitet mellom sesongene og derfor også reduserte sin  $VO_{2max}$  i den perioden. Det ble ikke samlet inn treningsdagbøker fra før studien startet og det lar seg derfor ikke bekrefte hvor mye trening deltakerne utførte i den aktuelle perioden. Reduksjonen i tid (8,6%) på rulleskitesten er i tråd med Terzis et al. (2005) som fant en 10% forbedring etter en 20 ukers intervensjonsperiode. Deltakerne i studien var på tilsvarende alder og nivå som i vår studie. Det var i vår studie også en signifikant endring i  $VO_{2maks}$  løp (5,3%) fra T1 til T3. Ingjer (1991) fant at elitelangrensløpere hadde en høyere  $VO_{2maks}$  i konkurransesongen enn i tidlig forberedelsesfase. Vi har ikke testet  $VO_{2max}$  underveis eller etter konkurransesongen, men veldig tett på sesongstarten.

Gaskill et al. (1999), og Rusko (1992) viser at unge langrensløpere øker  $VO_{2max}$  fram til utviklingen flater ut i 20 års alderen. Losnegard & Hallén (2014) konkluderer med at utøvere med en lavere  $VO_{2maks}$  har større sesongvariasjon enn utøvere med en høyere  $VO_{2maks}$ . Vår studie viser at deltakerne fortsatt har en utvikling i  $VO_{2max}$  i tråd med det Gaskill et al. (1999) og Rusko (1992) tidligere har vist på utøvere på samme alder. I tråd med Losnegard og Hallén (2014) kan det også tyde på at deltakerne i vår studie ikke har nådd sitt fulle potensial. Når vi samtidig vet at verdier på  $85 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  er assosiert med de beste mannlige langrensløperne i verden, kan det derfor tyde på at deltakerne i vår studie fortsatt har et forbedringspotensial i  $VO_{2max}$  (gutter:  $73\pm 2, \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). I motsetning til disse funnene viser Losnegard (2013) at man kan forbedre prestasjonen uten endring i  $VO_{2max}$  hos løpere med høy aerob effekt. Studien viser at seniorlangrensløpere på svært høyt nivå ikke endrer  $VO_{2max}$  fra tidlig forberedelsesfase til konkurransesong. Derfor må det være andre forhold som bedre kan forklare en eventuell endring i prestasjonen.

Det var ingen signifikant endring i  $VO_{2max}$  staking eller løpstest ute. Manglende endringer i  $VO_{2max}$  staking kan skyldes at stakeergometertesten skiller seg for mye fra rulleskitrening og at utøverne ikke fikk ut sitt potensiale i denne testen. Funn i Bojsen-Møller et al. (2010) kan tyde på en forskjell i teknisk utførelse i staking (frekvens og kontaktid) mellom stakeergometer og staking på rulleski og snø. Kanskje er det mangel



på treningsspesifisitet som forklarer mangel på fremgang, lik den observert i Nilsson et al. (2004). Der var det fremgang i  $VO_{2max}$  staking uten at det var endring i  $VO_{2max}$  løp, etter en intervensjon på stakeergometer. Deltakerne i vår studie trente ikke på stakeergometer utenom tilvenning før intervensjonen og selve testene. Det var i vår studie ingen endring i løpstesten, selv om det var en forbedring i  $VO_{2max}$  løp. Dette står i kontrast til det Ingjer (1991) finner i sin studie på unge elitelangrensløpere. Han observerte at selv om deltakerne når et platå i maksimal aerob effekt, fortsatte andre forhold knyttet til prestasjonen å stige fra junioralder til senioralder. Det var i vår studie ingen endring i vekt hos deltakerne mellom T1 og T3 som kunne forklart endringen i  $VO_{2max}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ). En reduksjon i vekt ville gitt bedre  $VO_{2max}$  uten at det absolutte literopptaket ( $L/min$ ) ble endret. Samtidig er det naturlig å tenke at redusert vekt også potensielt kunne ført til forbedring på løpstest, da den foregikk i motbakke (6,9%).

## **5.2 Langrennsprestasjon og fysiologiske faktorer**

Få studier har direkte sammenlignet konkurransespesifikke rulleskitester og langrennsprestasjon. Mahood et al. (2001) så på sammenhengen mellom en staketest på rulleski og 10km testløp på rulleski skøyting mot ski-ranking. Studien ble utført på mannlige seniorløpere og fant at staketesten korrelerte best med de nevnte testene ( $r=0,95$  og  $r=0,92$ ). Disse to praktiske testene korrelerte bedre med staketesten enn en laktaterskeltest,  $VO_{2max}$ -test og en arbeidsøkonomitest. De konkluderte med at disse "enkle utendørstestene" predikerer langrennsprestasjon bedre enn mer avanserte og dyre laboratorietester. Det er kun gjort to lignende studier på juniorlangrensløpere, Carlsson et al. (2014) gjorde en studie på svenske langrensløpere på samme alder og med tilnærmet lik FIS-ranking som i vår studie ( $178 \pm 90$  poeng for guttene og  $156 \pm 93$  poeng for jentene). De gjennomførte tre tester; en 3 km flat løpstest, en 2 km motbakketest på rulleski i staking, og en 2 kilometer motbakketest på rulleski i diagonalgang. Studien skiller seg litt fra vår ved at løpstesten ikke foregikk i motbakke og at rulleskitesten ble utført i klassisk stil. Likevel ble den ene testen utført i staking, og har derfor mye likhetstrekk med vår rulleskitest, spesielt med tanke på overkroppsbruk. I studien var det tilsvarende resultater med det Mahood et al (2001) fant i sin studie, men også på kvinnelige juniorlangrensløpere. Dette er i tråd med vår studie som også finner veldig sterk korrelasjon mellom rulleskitest og langrennsprestasjon, hos kvinner. Carlsson et al. fant derimot ikke noen signifikant korrelasjon mellom løpstest og FIS-distansepoeng, for kvinner grunnet et lavt antall ( $n=10$ ) kvinner som deltok på løpstesten. Videre

konkluderer forfatterne med at den gode korrelasjonen mellom rulleskitestene og FIS-poeng skyldes at en rulleskitest naturlig involverer langrennsesifikke bevegelsesmønstre. Det er verdt å nevne at FIS-poeng i de aller fleste tilfeller vil komme fra summen av klassisk- og skøyterenn, og det er mange like funn i Carlssons og vår studie, som skiller mellom de to stilartene i testbatteriet.

Sandbakk et al. (2011) fant en god sammenheng ( $r=0,75$ ) mellom  $VO_{2max}$ , samt hastighet på laktatterskel og sprintprestasjon (rulleski) i juniorlangrennsløpere på høyt nivå. 10 menn og 5 kvinner var med i studien, og det ble ikke skilt mellom kjønn i korrelasjonsberegningene. Dette er en svakhet som trolig vil gi god korrelasjon fordi gutter har høyere  $VO_{2max}$  og normalt får bedre resultater på de gjennomførte testene i studien. I vår studie har vi valgt å skille mellom kjønn i disse beregningene, og ikke presenterte data viser en nær perfekt korrelasjon når gutter og jenter samles som i Sandbakk et al.. Deltakerne i studien testet  $VO_{2max}$  løp på tredemølle, og forfatterne mener det kan være en svakhet ved studien. Selv om vi i vår studie ikke kunne finne en sammenheng mellom tester på stakeergometer og de andre testene i studien, kan det likevel tyde på at bruken av stakeergometer er en testmetode og ikke minst alternativ treningsmetode som kan brukes til å fokusere ekstra på å bedre utnyttelsesgraden i overkroppen. Flere studier bekrefter dette (Nilsson et al., 2004; Rud et al., 2014; Mahood et al., 2001), men begge konkluderer med at overførbarheten til snø er usikker. Resultater fra blant annet Losnegard et al. (2012) tyder på at tester utført på rulleskimølle er en enda mer spesifikk og valid testmetode, selv om forfatterne også her nevner at overførbarheten til snø ikke er godt dokumentert.

En fellesnevner for de fleste testene i vår studie og andre studier er at alle testene som er gjennomført for å prøve å finne sammenhenger med langrennsprestasjon er relativt korte, i forhold til de fleste langrennskurransene som danner grunnlaget for langrennsprestasjonen. Testene gjennomføres ofte i motbakke, uten mye variasjon i terreng. Testene skiller seg som følge av dette fra langrennskurranser ved at de ikke involverer ulikt terreng, og spesielt nedoverbakker, der løperne kan hente seg inn igjen før en ny motbakke. Losnegard et al. (2013) har sett på sprintprestasjonen i forhold til en 1000m test og resultatene der er derfor mer sammenlignbare, fordi testen er tilnærmet lik konkurransen (langrennsprestasjon) i tid. I Mahood et al. (2001) er staketesten rundt 4 min, og den blir forsøkt korrelert opp mot, blant annet, en 10km

rulleskitest. Deltakerne i vår studie har flere renn i løpet av sesongen som strekker seg opp mot, og forbi 1 time. Vår rulleskitest er relativt lang ( $23 \pm 5$  min), med konstant arbeid, men likevel kort i forhold til flere av rennene i vintersesongen. Det kan tenkes at man hadde funnet andre resultater i tester som var lenger, og/eller inneholdt ”hvilepartier” og dermed mer konkurranselike. Hallén (2002) viser at ved sammenhengende arbeid lengre enn 6-10 min vil utnyttelsesgraden være lavere enn  $VO_{2max}$ . Det kan tenkes at korte tester der intensiteten er svært høy favoriserer sterkere og raskere løpere, som trolig har bedre evne til å oppnå høyere hastigheter, men som igjen kan prestere dårligere i lengre konkurranser. Dette bekreftes av Losnegard et al. (2013) som konkluderer med at forskjellige partier i en langrennsløype stiller forskjellige krav til løperen, og at dette stiller ulike krav til bidraget fra energiprosessene i kroppen. Spesielt sprint og fellesstarter stiller andre krav til langrennsløpere enn intervallstart i langrenn, spesielt med tanke på evnen til å generere høy fart - bidrag fra anaerobe prosesser. I Losnegard (2013) var utøvere klassifisert som sprintere 20 % (14kg) tyngre enn løperne som var best i tradisjonell distanselangrenn. Sprinterne hadde også et lavere maksimalt oksygenopptak i forhold til kroppsvekt. De tre tregeste deltakerne på en 600 m test hadde lavest anaerob kapasitet (Losnegard et al., 2012). Disse deltakerne var alle på høyeste nivå i tradisjonell distanselangrenn og det blir konkludert med at anaerob kapasitet ikke er en avgjørende faktor i konkurranser på 2-5 timer. Losnegard & Hallen (2014) viste at den anaerobe kapasiteten er lavere i distanseløpere enn sprintere. Bidraget fra anaerobe energiprosesser under en simulert sprintprolog (170s) på rulleskimølle var 26%. I tradisjonell distanselangrenn (>15 km) der konkurransetiden er lengre vil anaerob kapasitet være en mindre betydningsfull faktor. Likevel er det verdt å merke seg at man jobber på en meget høy intensitet i motbakkene (på intensitet over  $VO_{2max}$ ), men man har mulighet til å bruke den anaerobe kapasiteten flere ganger, da man har nedoverbakker til å hente seg igjen (Losnegard et al., 2012; Mahood et al., 2001). Slike tester bør derfor suppleres av en annen testmetode som fanger opp disse faktorene. En mer konkurranselik test, for eksempel en rulleskitest i en løype med både oppover- og nedoverbakker kan tenkes å gi et bedre totalbilde. Dette bekreftes videre i Mahood (fra Staib et al., 2000) som viser til at 75 % av variasjonen i langrennsprestasjon skyldtes ulik anaerob effekt i overkroppen hos deltakerne. På en annen side er det hver enkelt utøvers 5 beste resultater som vil danne grunnlaget for langrennsprestasjonen i vår studie, og i så måte kan eventuelle forskjeller i kvaliteter mellom deltakerne jevnes ut med dette poengsystemet.

Det var ingen signifikant korrelasjon mellom rulleski skøyting,  $VO_{2max}$  løp eller staking, samt tid på løpstest og oppnådde FIS-poeng hos gutter. Trolig skyldes dette delvis på grunn av en svært homogen gruppe. Guttene målte mellom  $70-75 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  i løp. Den lille spredningen i gruppen gjør det vanskelig å finne noen statistiske forskjeller, sett opp mot variasjon i andre variabler. Dette tilsvarer funn fra Rundell & Bacharach (1995), som fant en sterk korrelasjon mellom effekt på stakeergometer og langrennsprestasjon, hos kvinner, men ikke på menn. De mener det skyldes en forskjell mellom  $VO_{2max}$  og oppnådd effekt på stakeergometeret, for menn. Det var ikke de samme FP som målte høyt på begge disse variablene. Hilden et al. (1993) har i en mer heterogen gruppe funnet god sammenheng mellom maksimal effekt på stakeergometer og skiprestasjon. Losnegard (2013) fant en korrelasjon på  $r=-0,79$  mellom FIS-poeng og  $VO_{2max}$  målt på rulleski på tredemølle, hos mannlige eliteløpere på svært høyt nivå. Jentene i vår studie viser at man med en mer heterogen gruppe kan fremstille sterkere statistiske beregninger. Der ble det i kontrast til guttegruppen funnet signifikant korrelasjon med utetestene og langrennsprestasjon. Vår studie viser likevel ikke det samme som de tidligere siterte studiene om den gode sammenhengen mellom fysiologiske laboratorietester og langrennsprestasjon.

### **5.3 Sammenheng mellom utetester og fysiologiske tester**

Det var svært få signifikante korrelasjoner mellom endring i de ulike fysiologiske faktorene og utetestene. Når kvinner og menn ble sett hver for seg var det for menn signifikant sterk korrelasjon mellom endringen løpstest og  $VO_{2max}$  staking, samt endringen i rulleskitest og  $VO_{2max}$  løp, begge T1-T2. En mulig forklaring på hvorfor det er en sterk korrelasjon mellom endringen i rulleskitest og  $VO_{2max}$  løping, og ikke noen lignende korrelasjon med endringen i  $VO_{2max}$  staking, kan være at deltakerne ikke fikk ut sitt fulle potensial på stakeergometeret og at det ligger et forbedringspotensial i bruken av overkroppen, som er i tråd med andre studier der stakeergometer har blitt brukt (Nilsson et al., 2004; Rud et al., 2014). Guttene hadde signifikant endring i  $VO_{2max}$  løping (5%), T1-T2, dette kan være med på å forklare forbedringen på rulleskitesten (7%) i samme periode ( $p=-0,62$ ,  $p=0,05$ ). Dette bekrefter at  $VO_{2max}$  er en av de viktigste faktorene i langrenn (Losnegard, 2013). Det at guttene endrer  $VO_{2max}$  løp, og ikke i staking, samtidig som at de presterer bedre på rulleskitesten, gjør det vanskelig å konkludere med at oksygenopptak målt på stakeergometer er en god testmetode for å predikere endring i skøyting. Losnegard og Hallén (2014) observerte

lignende data i sin studie på elitelangrensløpere i begynnelsen av 20-årene. De fant at deltakerne hadde en økning i  $VO_{2max}$  løp, men ikke på rulleski, fra mai til oktober. Rundell & Bacharach (1995) fant en signifikant korrelasjon mellom langrennsprestasjon og staketest i motbakke. Flere studier (Wisløff & Helgerud, 1996; Bilodeau et al., 1995; Mahood et al., 2001) konkluderer med at overkroppsspesifikke tester ( $VO_{2max}$ -steking og staketester) bør bli brukt i evalueringen av langrensløpere på elitenivå. Vi har ikke funnet det samme i vår studie, noe som kanskje kan tyde på at deltakerne i vår studie bør fokusere mer på å bedre bidraget fra overkroppen, slik at sammenhengen mellom stakeergometer testen og langrennsprestasjonen kan tenkes å bli bedre, tilsvarende det andre studier har funnet. På en annen side kan det tenkes at overkroppssutholdenhet ikke er så viktig med tanke på skøyteprestasjonen, og en  $VO_{2max}$  test målt ved løp derfor er en like god testmetode for å forklare endringen i rulleskitesten.

Nilsson et al. (2004) fant en økning i effekt etter en intervensjon på stakeergometer, uten at det var endring i  $VO_{2max}$ . Losnegard et al (2013) fant heller ingen endring fra juni til oktober i  $VO_{2max}$  målt på rulleski tredemølle. Det var likevel en signifikant bedring i tid brukt på 1000-meterstest rulleski tredemølle. Det er hevdet at økning i HIT er assosiert med økning i  $VO_{2max}$  hos eliteløpere (Gaskill et al., 1999), det ble ikke funnet i Losnegard et al. (2013). En vesentlig forskjell i disse to studiene, og som vår studie bekrefter, er at oksygenopptaket ble målt ved løp i Gaskill et al. og på rulleski tredemølle i Losnegard. Vi fant bedring i  $VO_{2max}$  løp og ingen endring i  $VO_{2max}$  steking, T1-T2-T3. Samtidig var treningen, og spesielt andelen HIT, uendret mellom T1-T2 og mellom T2-T3. Dette tyder på at, i likhet med Gaskill et al. og Losnegard et al., vår studie har fanget opp en bedring i  $VO_{2max}$  løp, uten at det har vært endring i  $VO_{2max}$  steking. Det kan tyde på at andelen HIT i vår studie har vært tilstrekkelig for å øke  $VO_{2max}$ , uten at vi kan si at det har vært en økt mengde, da vi ikke kjenner godt nok til treningen før intervensjonen. Med tanke på tidspunktet intervensjonen ble gjennomført, kan man tenke seg at utøverne har hatt en roligere periode, med mindre HIT og total treningstid, rett før intervensjonen startet og at treningen underveis i intervensjonen har vært tilstrekkelig til å øke  $VO_{2max}$  til T2 og T3.

Når alle dataene ble slått sammen, også kvinner og menn, fikk datasettet en bedre statistisk styrke og det var flere signifikante korrelasjoner. Det var signifikant korrelasjon mellom endringen i rulleskitest og  $VO_{2max}$  løp ( $r=-0,49$ ). Det var også

signifikant korrelasjon mellom endringen i rulleskitesten og endringen i løpstesten ( $r=0,46$ ). Samtidig var det tendens ( $p=0,07$ ) til signifikant korrelasjon mellom endringen i løpstesten og endringen i  $VO_{2max}$  løp ( $r=-0,37$ ). Det er vanskelig å konkludere med om det finnes noen reelle sammenhenger, da det er så liten (og ikke signifikant) korrelasjon mellom endring i løpstest og  $VO_{2max}$  løp. Det at vi ikke fant en bedre sammenheng kan også være som følge av at det ikke var noen endring i løpstest, og det da naturlig ikke vil bli noen god sammenheng med endringen som forekom i  $VO_{2max}$ . Ikke presenterte data viser at jentene hadde veldig sterk korrelasjon mellom  $VO_{2max}$  løp og tid brukt på løpstest ute ( $r=-0,80$ ), på grunn av den svært homogene guttegruppa ble det ikke funnet noen klar sammenheng her. Som nevnt konkluderer Losnegard et al (2013) i sin studie på eliteløpere på svært høyt nivå, at treningen de utførte i sommersesongen forbedret prestasjonen, uten at  $VO_{2max}$  var endret. Prestasjonsforbedringen kan forklares av redusert oksygenkostnad og økt anaerob kapasitet, to variabler som ikke er tatt med i vår studie. Vi finner at endringen i  $VO_{2max}$  er den målte variabelen som best kan forklare endringen i rulleskitesten. Det var også en god sammenheng mellom endringene i de 2 utetestene.

#### **5.4 Begrensninger ved studien**

Det kunne med fordel ha vært samlet inn treningsdagbøker fra perioden før T1. Da kunne vi dannet et bilde av utgangsnivået til utøverne, som kan ha vært svært forskjellig. Det hadde også vært enda bedre for studien om vi hadde styrt treningen deres i en periode før T1, for å sørge for et likere utgangspunkt. Det kunne vært interessant å inkludert flere testperioder, enda nærmere konkurransesongen, underveis og kanskje rett etter siste konkurranse. Det lot seg ikke gjennomføre i denne studien, blant annet på grunn av værforhold på Geilo. Dette er også verdt å merke seg at utetester stiller større krav til like værforbehold enn laboratorietester. Selv om flere studier har konkludert med gode resultater fra stakeergometeret, kunne det vært interessant å ha med tester fra rulleskimølle, enten istedenfor eller i tillegg. Det største ankepunktet ved denne studien er frafallet og det lave antallet forsøkspersoner på tester T3. Ved enda nærmere oppfølging, som kunne hindret frafallet, kunne det blitt mer statistisk styrke i resultatene. Det er sjeldent å få samlet en gruppe på så høyt nivå som i denne studien, og selv om vi hadde mer enn 20 deltakere ved oppstart ble frafallet for stort i noen av testene T3.

## 6. Konklusjon

1. Det ble funnet en god sammenheng mellom utetester på rulleski og løp og langrennsprestasjon for jenter. Samtidig er det, ut i fra denne studien, vanskelig å konkludere med at rulleskitest kan predikere langrennsprestasjonen for gutter.
2. Endring i  $VO_{2max}$  er den fysiologiske variabelen som kan forklare endring i rulleskitest i løpet av grunntreningsperioden best hos juniorlangrennsløpere.

Denne studien demonstrerer at enkle utendørstester kan erstatte dyrere og mer avanserte testprosedyrer i laboratorium. Testene kan predikere langrennsprestasjon (for jenter) og forklare endring i fysiologiske faktorer gjennom grunntreningsperioden hos juniorlangrennsløpere på høyt nasjonalt nivå.

## Referanser

- Ainegren, M, Carlsson P, Tinnesten, M ,& Laaksonen, M.S. (2013). Skiing economy and efficiency in recreational and elite cross-country skiers. *J Strength Cond Res.* 27(5), 1239-1252.
- Basset, D.R Jr. & Howley, E.T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* 32(1), 70-84.
- Billat, V.L, Demarle, A, Slawinski, J, Paiva, M & Koralsztein, J.P. (2001). Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Med Sci Sports Exerc* 33(12), 2089-2097.
- Bilodeau, B. Roy, B. & Boulay. MR. (1995). Upper-body testing of cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc.* 27(11), 1557-1562.
- Bjorklund, G, Homberg, H.C & Stoggl T. (2015) The effects of prior high intensity double poling on subsequent diagonal stride skiing characteristics. *Springerplus* 4. 40.
- Bojsen-Moller J, Losnegard T, Kemppainen J, Viljanen T, Kalliokoski K.K, & Hallen J. (1985). Muscle use during double poling evaluated by positron emission tomography. *J Appl Physiol*, 109(6), 1895-1903.
- Carlsson, M. Carlsson, T. Hammarström, D. Malm, C. & Tonkonogi, M. (2014). Time trials predict the competitive performance capacity of junior cross-country skiers. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 9, 12-18.
- Conley, D.L & Krahenbuhl, G.S. (1980). Running economy and distance running performance of high trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 12(5), 357-360.
- di Prampero, PE. Atchou, G. Brückner, JC. & Moia, C. (1986) The energetics of endurance running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 55(3), 259-66.



- di Prampero, PE. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *Eur J Appl Physiol.* 90(3-4), 420-9.
- Farrell, P.A, Wilmore, J.H, Coyle, E.F, Billing, J.E & Costill, D.L. (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med Sci Sports*, 11(4), 338-344.
- FIS. (2015). International Ski Federation FIS points list <http://www.fis-ski.com>. (Hentet 20 august 2015).
- Gaskill, SE, Serfass, RC, Bacharach, DW. & Kelly, JM. (1999). Responses to training in cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc* 31(8), 1211-7.
- Hallén J. (2002). *Fysiologisk adaptasjon til utholdenhetstrening*. Oslo: Norges idrettshøgskole
- Hilden, T. S., Bacharach, D., & Rundell, W K. (1993). Upper body power testing as a predictor of success in elite male biathlon skiers. *Med Sci. Sports Exerc*, 25, 132.
- Hoffman, M.D, Clifford, P.S, Snyder, A.C, O'Hagan, K.P, Mittelstadt, S.W, Roberts M.M, . . . Gaskill S.E. (1998). Physiological effects of technique and rolling resistance in uphill roller skiing. *Med Sci Sports Exerc*, 30(2), 311-317.
- Holmberg, HC, Rosdahl, H. & Svedehaug, J. (2007). Lung function, arterial saturation and oxygen uptake in elite cross country skiers: influence of exercise mode. *Scand J Med Sci Sports*. 17(4), 437-44.
- Hooker, S.P, Wells, C.L, Manore, M.M, Philip, S.A & Martin, N. (1990). Differences in epinephrine and substrate responses between arm and leg exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 22(6), 779-784.
- Ingjer, F. (1991). Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women an men elite cross-country skiers. *Scand J Med Sci Sports* 1(1), 25-30.

- Ingjer F. (1992). Development of maximal oxygen uptake in young elite male cross country skiers: a longitudinal study. *J Sports Sci* 10(1), 49-63.
- Joyner M.J. (1991) Modeling: optimal marathon performance on the basis of physiological factors. *J Appl Physiol*, 70(2), 683-687.
- Joyner, MJ. & Coyle, EF. (2008) Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol* 586(1), 35-44.
- LaFontaine, TP. Londeree, Br. & Spath, WK. (1981). The maximal steady state versus selected running events. *Med Sci Sports Exerc*, 13(3), 190-193.
- Losnegard, T. Mikkelsen, K. Rønnestad, BR. Hallén, J. Rud, B. & Raastad, T. (2011). The effect of heavy strength training on muscle mass and physical performance in elite cross country skiers. *Scand J Med Sci Sports* 21(3), 389-401.
- Losnegard, T. Myklebust, H & Hallén, J. (2012) No difference in O<sub>2</sub>-cost between V1 and V2 skating techniques during treadmill roller skiing at moderate to steep inclines. *Journal of Strength and Conditioning Research* 26(5), 1340- 1347.
- Losnegard, T. Myklebust, H. Spencer, M. & Hallén, J. (2013). Seasonal variations in VO<sub>2</sub>max, O<sub>2</sub>-cost, O<sub>2</sub>-deficit and performance in elite cross-country skiers. *J Strength Cond Res*, 27(7), 1780-1790.
- Losnegard, T. (2013). *Physiological determinants of performance in modern elite cross-country skiing*. Doktorgradsavhandling ved Norges Idrettshøgskole, Oslo.
- Losnegard, T. & Hallén, J. (2014). Elite cross-country skiers do not reach their running VO<sub>2</sub>max during roller ski skating. *J Sports Med Phys Fitness*, 54(4), 389-393.
- Losnegard, T. Schafer, D. & Hallén, J. (2014). Exercise economy in skiing and running. *Front Physiol*, 5, 5. doi: 10.3389/fphys.2014.00005

- Lucia, A. Hoyos, J. Pérez, M. & Chicharro, JL. (2000). Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc.* 32(10), 1777-82.
- Mahood, NV. Kenefick, RW. Kertzer, R. & Quinn, TJ. (2001). Physiological determinants of cross-country ski racing performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 33(8), 1379-84.
- McGawley, K. & Holmberg, HC. (2014). Aerobic and anaerobic contributions to energy productions among junior male and female cross-country skiers during diagonal skiing. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(1), 32-40.
- Mygind, E. Larsson, B. & Klausen, T. (1991). Evaluation of a specific test in cross- country skiing. *J Sports Sci.* 9(3), 249-57.
- Nilsson, J. Holmberg, HC. Tveit, P. & Hallén, J. (2004). Effects of 20-s and 180-s double poling interval training in cross-country skiers. *Eur J Appl Physiol*, 92(1-2), 121-127.
- Norman, RW. Ounpuu, S. Fraser, M. & Mitchell, R. (1989). Mechanical power iutput and estimated metabolic rates of Nordic skiers during Olympic competition. *Int J Sports Biomech* ,:169-184.
- Pellegrini, B. Bortolan, L. & Schena, F. (2011). Poling force in diagonal stride at different grades in cross country skiers. *Scand J Med Sci Sports* 21(4), 589-97.
- Popov, DV. & Vinogradova, OL. (2012). Comparison of aerobic performance of leg and arm muscles in cross-country skiers. *Fiziol Cheloveka*, 38(5), 67-72.
- Rud, B. Secher, NH. Nilsson, J. Smith, G. & Hallén, J. (2014). Metabolic and mechanical involvement of arms and legs in simulated double pole skiing. *Scand J Med Sci Sports*, 24(6), 913-919.

- Rundell, KW. & Bacharach, DW. (1995) Physiological characteristics and performance of U.S. biathletes. *Med Sci Sports Exerc.* 27(9), 1302-10.
- Rusko, H. K. (1987). The effects of training on aerobic power characteristics of young cross-country skiers. *J. Sports Sci.* 5, 273-286.
- Rusko, H. K. (1992). Development of aerobic power in relation to age and training in cross- country skiers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24, 1040-1047.
- Saltin, B. & Åstrand, PO. (1967). Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol* 23(3), 353-8.
- Sandbakk, O. Holmberg, HC. Leirdal, S. & Ettema, G. (2010). Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world class and national level sprint skiers. *Eur J Appl Physiol.* 109(3), 473-81.
- Sandbakk, O. Welde, B. & Holmberg, HC. (2011). Endurance training and sprint performance en elite junior cross-country skiers. *J Strength Cond Res*, 25(5), 1299-1305.
- Sandbakk, O. Ettema, G. & Holmberg, HC. (2014). Gender differences in endurance performance by elite cross-country skiers are influenced by the contribution from poling. *Scand J Med Sci Sports*, 24(1), 28-33.
- Sandbakk, O. & Holmberg, HC. (2014). A reappraisal of success factors for Olympic cross-country skiing. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(1), 117-121.
- Seiler, KS. & Kjerland, GO. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an "optimal" distribution? *Scand J Med Sci Sports*, 16(1), 49-56. doi: 10.1111/j.1600-0838.2004.00418.x
- Siewierski, M. (2010). Volume and structure of training loads of top swimmers in direct starting preparation phase for main competition. Training loads of swimmers in preparation for the competition.

- Smith, GA. (1992). Biomechanical analysis of cross-country skiing techniques. *Med Sci Sports Exerc.* 24. 1015-1022.
- Spencer, MR. & Gatin, PB. (2001). Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 33(1), 157- 62
- Stromme, SB. Ingjer, F. & Meen, HD. (1977). Assesement of maximal aerobic power in specifically trained athletes. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 42(6), 833-837.
- Svendsen, IS. Gleeson, M. Haugen, TA. & Tønnessen, E. (2015). Effect of an intense period of competition on race performance and self-reported illness in elite cross-country skiers. *Scand J Med Sci Sports*. doi: 10.1111/sms.12452
- Terzis, G. Stattin, B. Holmberg, HC. (2006). Upper body training and the triceps brachii muscle of elite cross country skiers. *Scand J Med Sci Sports.* 16(2), 121-6.
- Tønnessen, E. Sylta, O. Haugen, TA. Hem, E. Svendsen IS. & Seiler, S. (2014). The road to gold: training an peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. *PLoS One* 9(7), e101796. doi: 10.1371/journal.pone.0101796
- Wisløff, U. & Helgerud, J. (1998). Methods for evaluating peak oxygen uptake and anaerobic treshold in upper body of cross-country skiers. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 30(9), 963-970.
- Zapico, AG. Caleron, FJ. Benito, PJ. González, CB. Parisi, A. Pigozzi, F. & Di Salvo, V. (2007). Evolution of physiological and haematological parameters with training load in elite male road cyclists: a longitudinal study. *J Sports Med Phys Fitness* 47(2), 191-6.

## Tabelloversikt

<b>Tabell 3.1.1:</b> Karakteristikk på deltakerne.....	15
<b>Tabell 4.1.1:</b> Ukentlig treningsmengde, mellom T1 og T2.....	22

## Figuroversikt

<b>Figur 3.3.1:</b> Testprotokollen som ble brukt under staketesten (gutter).....	18
<b>Figur 3.3.2:</b> Stakeergometeret som ble brukt under staketesten.....	18
<b>Figur 3.3.3:</b> Illustrasjon av protokollen som ble brukt under løpstesten. Her er det tatt utgangspunkt i en deltaker som startet den submaksimale testen på 7,5 km/t og gjennomførte 3 submaksimale belastninger.....	19
<b>Figur 4.2.1.A-D:</b> Prosentvis endring i variabler fra mai (T1) til oktober (T3). A) $VO_{2max}$ Stakeergometer, B) Rulleskitest, C) $VO_{2max}$ Løp, D) Løpetest. Feilmarkører er standardavvik. * signifikant endring mellom tester. ** signifikant forskjell mellom kjønn. T1 n=15, T2 n=12, T3 n=12. ....	23
<b>Figur 4.3.1:</b> A) Sammenheng mellom prestasjon på løpstest og FIS-poeng. Den heltrukne linjen viser trenden for hvert kjønn. Jenter n=5, gutter n=6. ....	25
<b>Figur 4.3.2:</b> B) Sammenheng mellom prestasjon på rulleskitest og FIS-poeng. Den heltrukne linjen viser trenden for hvert kjønn. Jenter n=5, gutter n=9. ....	25
<b>Figur 4.3.3:</b> C) Sammenheng mellom $VO_{2max}$ staking og FIS-poeng. Den heltrukne linjen viser trenden for hvert kjønn. Jenter n=5, gutter n=8. ....	26
<b>Figur 4.3.4:</b> D) Sammenheng mellom $VO_{2max}$ løp og FIS-poeng. Den heltrukne linjen viser trenden for hvert kjønn. Jenter n=5, gutter n=8. ....	26
<b>Figur 4.4.1:</b> Sammenheng mellom endringen i $VO_{2max}$ løp og endringen i løpstesten. Jenter og gutter separat, T1-T2 og T2-T3. Den heltrukne linjen viser trendlinje for alle tester samlet. $p=0,07$ . n=18.....	28
<b>Figur 4.4.2:</b> Sammenheng mellom endringen i $VO_{2max}$ staking og endringen i løpstesten. Jenter og gutter separat, T1-T2 og T2-T3. Den heltrukne linjen viser trendlinje for alle tester samlet. $p=0,05$ . n=19.....	28
<b>Figur 4.4.3:</b> Sammenheng mellom endringen i $VO_{2max}$ løp og endringen i rulleskitesten. Jenter og gutter separat, T1-T2 og T2-T3. Den heltrukne linjen viser trendlinje for alle tester samlet. $p=0,01$ . n=20.....	29
<b>Figur 4.4.4:</b> Sammenheng mellom endringen i $VO_{2max}$ staking og endringen i rulleskitesten. Jenter og gutter separat, T1-T2 og T2-T3. Den heltrukne linjen viser trendlinje for alle tester samlet. $p=0,23$ . n=23. ....	29
<b>Figur 4.4.5:</b> Sammenheng mellom endringen i løpstesten og endringen i rulleskitesten. Jenter og gutter separat, T1-T2 og T2-T3. Den heltrukne linjen viser trendlinje for alle tester samlet. $p=0,03$ . n=18.....	30

## Forkortelser

VO <sub>2max</sub> løp	Det høyeste oksygenopptaket målt under løping på tredemølle
VO <sub>2max</sub> staking	Det høyeste oksygenopptaket målt under staking på stakerometer
TTU	Tid til utmattelse-test
RPE	Borg's Rating of Percieved Exertion
HF	Hjertefrekvens
FP	Forsøksperson
LT	Laktatterskel
La <sup>-</sup>	Laktat
LIT	Lavintensiv trening (55-82 % av maks HF)
MIT	Middelsintensiv trening (82-87 % av maks HF)
HIT	Høyintensiv trening (87-100 % av maks HF)