

Eirik Flaten Langøy

Effekten av økt andel rulleskitrening på prestasjon i langrenn

En 11 uker lang intervensjonsstudie på juniorlangrennsløpere i tidlig sesongforberedelsesperiode

Masteroppgave i idrettsvitenskap
Seksjon for fysisk prestasjonsevne
Norges idrettshøgskole, 2015

Sammendrag

Formålet med denne studien var å se om en økt andel rulleskitrening ville påvirke prestasjonstester, maksimalt oksygenopptak og oksygenkostnad hos juniorlangrennsløpere på høyt nivå.

Atten juniorlangrennsløpere ble rekruttert fra Norges Toppidrettsgymnas (NTG) ved Geilo og fordelt til en stakegruppe (SG) og en løpegruppe (LG). Seks deltakere ble ekskludert grunnet sykdom eller et for stort sprik fra planlagt trening, tolv deltakere gjennomførte tester og treningsopplegg, SG (n=6) og LG (n=6). Intervensjonsperioden varte i 11 uker, fra starten av juni til midten av august. SG trente ≈ 17 timer pr uke og hadde en prosentfordeling mellom løp-, rulleski- og annen trening på 30/54/16 mens LG trente ≈ 13 timer og hadde en tilsvarende fordeling på 46/43/11. Pre- og posttest bestod av submaksimale belastninger i stakeergometer og på tredemølle, samt en 5 min prestasjonstest på stakeergometer og en tid til utmattelse (TTU) på tredemølle. Det ble også gjennomført prestasjonstester i motbakke løping og skøyting på rulleski. Arbeidsøkonomi ble målt som oksygenkostnad på submaksimale belastninger. Maksimalt oksygenopptak i løping ($VO_{2\text{-maks}}\text{løp}$) og maksimalt oksygenopptak i staking ($VO_{2\text{-maks}}\text{staking}$) ble målt under prestasjonstestene på tredemølle og stakeergometer.

Tid brukt på utendørs rulleskitest ble redusert i SG sammenlignet med LG 6,3 % ($p < 0,05$; effektstørrelse (ES) = 0,60). Det var ingen signifikant forskjell i endring mellom gruppene i løping eller staking, i arbeidsøkonomi eller i $VO_{2\text{-maks}}$.

Etter elleve uker med en økt andel rulleskitrening, og da spesielt staketrening, fikk SG en større reduksjon i tid brukt på utendørs rulleskitest enn LG. Det ble imidlertid ikke funnet noen signifikante forskjeller i endringer mellom gruppene i løping eller staking.

Forord

Jeg vil først og fremst takke min hovedveileder Thomas Losnegard for god hjelp til planlegging av intervensjonen, og takk for all konstruktiv kritikk og veiledning gjennom skriveprosessen.

Takk til biveileder Bjarne Rud for hjelp til planlegging av intervensjonen, samt konstruktiv kritikk under skriveprosessen.

Takk til medstudent og samarbeidspartner, på dette prosjektet, Niclas Stensrud Andersen for godt samarbeid under gjennomførelsen av prosjektet. Og ikke minst for godt humør og godt mot på de lange bilturene til og fra Geilo.

Takk til medstudent Øyvind Skattebo for hjelp til utførelse av pretesting og konstruktiv kritikk under skriveprosessen.

Takk til Tonje Brattås for fotografering og redigering av bilder samt korrekturlesning.

Takk til Knut Sindre Mølmen for korrekturlesning.

Takk til deltakerne ved NTG Geilo for samarbeidet. Uten dere ville det ikke blitt noen oppgave.

Takk til trener på NTG Geilo Geir Endre Rogn for hjelp til planlegging og gjennomføring av intervensjonen.

Innhold

| | |
|---|-----------|
| Sammendrag | 3 |
| Forord..... | 4 |
| Innhold | 5 |
| 1 Innledning..... | 6 |
| 1.1 Problemstilling | 6 |
| 2 Teori..... | 7 |
| 2.1 Prestasjonsbestemmende faktorer i langrenn | 7 |
| 2.1.1 Maksimalt oksygenopptak | 7 |
| 2.1.2 Utnyttelsesgrad | 9 |
| 2.1.3 Arbeidsøkonomi | 9 |
| 2.1.4 Overkropp/underkropp | 11 |
| 2.2 Trening | 12 |
| 2.2.1 Volum og intensitet | 12 |
| 2.2.2 Bevegelsesform | 13 |
| 3 Metode..... | 14 |
| 3.1 Deltakere..... | 14 |
| 3.2 Eksperimentelt design..... | 14 |
| 3.3 Testprosedyrer | 15 |
| 3.3.1 Tilvenning..... | 15 |
| 3.3.2 Innendørs stakeprotokoll | 16 |
| 3.3.3 Innendørs løpsprotokoll | 18 |
| 3.3.4 Utendørs løpsprotokoll..... | 19 |
| 3.3.5 Utendørs rulleskiprotokoll..... | 19 |
| 3.4 Treningen..... | 20 |
| 3.5 Statistiske metoder..... | 21 |
| 4 Resultater..... | 23 |
| 4.1 Treningen..... | 23 |
| 4.2 Prestasjon | 24 |
| 4.3 Maksimalt oksygenopptak..... | 24 |
| 4.4 Oksygenkostnad | 26 |
| 4.5 Laktat..... | 28 |
| 5 Diskusjon..... | 30 |
| 5.1 Endring i prestasjon | 30 |
| 5.2 Maksimalt oksygenopptak..... | 31 |
| 5.3 Oksygenkostnad | 33 |
| 5.4 Begrensninger ved studien | 34 |
| 6 Konklusjon..... | 35 |
| Referanser..... | 36 |
| Tabelloversikt | 41 |
| Figuroversikt..... | 42 |
| Forkortelser | 44 |

1 Innledning

Som en følge av bedre utstyr, bedre preparerte løyper og høyere hastighet i langrenn i de senere år, har langrenn hatt en utvikling i form av mer overkroppsbruk, gjennom økt fokus på den tradisjonelle klassiske høyhastighetsteknikken; staking (Lindinger, Stoggl, Muller, & Holmberg, 2009; Sandbakk & Holmberg, 2014; Stoggl, Lindinger, & Muller, 2007). I perioden 2013-2015 har Vasaloppet for første gang blitt vunnet på blanke ski, både på herre- og damesiden, og Birkebeinerrennet har for første gang blitt vunnet på blanke ski av en herreløper. I verdenscupen har herreløpere i flere år vunnet klassiske sprinter kun ved bruk av staketeknikken, i 2014 kom første pallplass i et distanserenn i verdenscupen kun ved bruk av staketeknikken, mens den første seieren på blanke ski på en distanse i Tour de Ski kom i 2015. Det er observert lavere maksimalt oksygenopptak ($VO_{2\text{-maks}}$) i staking enn i løping og diagonalgang hos langrennsløpere (Losnegard, Schafer, & Hallen, 2014). Noe som kan indikere et ubenyttet potensiale i staketeknikken. Det er imidlertid ikke gjort noen studier som har sett på effekten av et økt fokus på rulleskitrening hos langrennsløpere med en kontrollgruppe.

1.1 Problemstilling

Vil en økt andel rulleskitrening generelt og staketrening spesifikt påvirke prestasjonstester, oksygenkostnad og maksimalt oksygenopptak hos juniorlangrennsløpere på høyt nivå?

2 Teori

2.1 Prestasjonsbestemmende faktorer i langrenn

Den gjennomsnittlige hastigheten (m/s) i kondisjonsidretter bestemmes av utøverens energiomsetning per tid (J/s), samt hvor effektivt energien utnyttes til ytre mekanisk arbeid (J/m) (arbeidsøkonomi).

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

En utøvers aerobe energiomsetning bestemmes av $VO_{2\text{-maks}}$ og utnyttelsesgraden av $VO_{2\text{-maks}}$ (utnyttelsesgrad; %) (Joyner & Coyle, 2008). Arbeidsøkonomi kan beskrives som energikostnaden for å tilbakelegge en gitt distanse, holde en gitt hastighet eller produsere en viss effekt. Arbeidsøkonomi måles som oksygenkostnad i laboratorium.

2.1.1 Maksimalt oksygenopptak

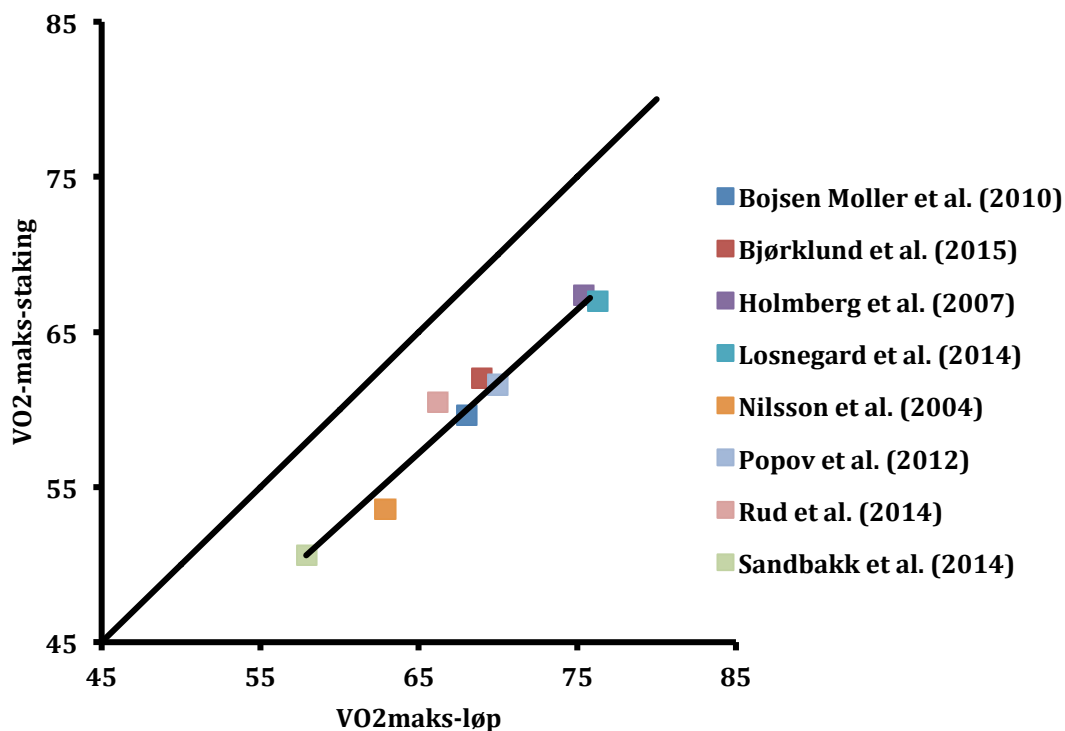
Det maksimale oksygenopptaket er et mål på den maksimale aerobe energiomsetningen. Oksygenopptaket kan uttrykkes med Ficks ligning, der oksygenopptaket er et produkt av hjertets minuttvolum og differansen mellom arterienes og venenes oksygeninnhold (A-V- O_2 differanse). Minuttvolumet er mengden blod hjertet pumper ut per minutt og er produktet av hjertets slagvolum og frekvens.

$$\text{Oksygenopptak} = \text{Minuttvolum} \times \text{A-V-}O_2 \text{ differanse}$$

I heterogene grupper er det ofte en god sammenheng mellom $VO_{2\text{-maks}}$ og prestasjon i utholdenhetsidretter (Bassett & Howley, 2000). Hos langrennsløpere på relativt likt nivå er det også vist en sammenheng mellom maksimalt oksygenopptak og prestasjon i distanserenning (Losnegard, 2013).

Det er rapportert en spredning fra 80 til 90 i $VO_{2\text{-maks}}$ i relative verdier (ml/kg x min) for mannlige elitelangrennsløpere ved løp, mens kvinnelige elitelangrennsløpere måler mellom 70 og 80 ml/kg x min (Ingjer, 1992; Losnegard, Myklebust, Spencer, & Hallen, 2013; Sandbakk & Holmberg, 2014; Sandbakk, Welde, & Holmberg, 2011; Svendsen, Gleeson, Haugen, & Tonnessen, 2015). Juniorløpere måler generelt noe lavere, gutter på høyt nasjonalt

nivå typisk mellom 65 og 80 ml/kg x min og jenter på høyt nasjonalt nivå typisk mellom 55 og 70 (McGawley & Holmberg, 2014; Sandbakk et al., 2011). Med slike verdier er langrennsløpere i toppsiktet av utholdenhetsutøvere hva gjelder $VO_{2\text{-maks}}$. Langrennsløpere måler noe høyere $VO_{2\text{-maks}}$ i diagonalgang enn på løp (Holmberg, Rosdahl, & Svedenhag, 2007; Stromme, Ingjer, & Meen, 1977) mens de måler noe lavere $VO_{2\text{-maks}}$ i skøyting (Losnegard & Hallen, 2014). I staking rapporteres det ca. 8-16 % lavere $VO_{2\text{-maks}}$ enn i løping (Bjorklund, Holmberg, & Stoggl, 2015; Bojsen-Moller et al., 2010; Holmberg et al., 2007; Losnegard et al., 2014; Nilsson, Holmberg, Tveit, & Hallén, 2004; Popov & Vinogradova, 2012; Rud, Secher, Nilsson, Smith, & Hallen, 2014; Sandbakk, Ettema, & Holmberg, 2014) (Figur 2.1). Den noe lavere $VO_{2\text{-maks}}$ i staking enn i løping kan indikere et utviklingspotensial i staking, en teori som støttes av en studie som fant økt $VO_{2\text{-maks}}$ i staking etter en 6 ukers periode med høyintensiv staketrening i stakeergometer (Nilsson et al., 2004). Godt trente utøvere får ofte en større økning av $VO_{2\text{-maks}}$ etter perioder med mye høyintensiv trening (HIT) og mindre økning i perioder med mye lavintensiv trening (LIT) (Laursen & Jenkins, 2002; Londeree, 1997).



Figur 2.1: Forholdet mellom $VO_{2\text{-maks}}$ løp og $VO_{2\text{-maks}}$ staking i syv forskjellige studier. Den lange heltrukne linjen illustrerer et 1:1 forhold mellom $VO_{2\text{-maks}}$ løp og $VO_{2\text{-maks}}$ staking. Den korte heltrukne linjen illustrerer en "line of identity" for de åtte studiene.

2.1.2 Utnyttelsesgrad

Utnyttelsesgraden er definert som prosentandelen av $VO_{2\text{-maks}}$ man klarer å utnytte over en gitt tidsperiode. Ved konstant arbeid på mer enn 6-10 minutter vil den aerobe energiomsetningen ligge under det som tilsvarer $VO_{2\text{-maks}}$ (Hallén, 2002). Utnyttelsesgraden reduseres i takt med økende varighet. Laktatterskelen er en faktor som påvirker utnyttelsesgraden (Joyner & Coyle, 2008). Laktatterskelen kan defineres som den intensiteten hvor det er likevekt mellom produksjon og eliminasjon av laktat (La-) i den arbeidende muskulaturen. Ved overstigelse av laktatterskel vil La- akkumuleres i blodbanen, i tillegg til en økning av inorganisk fosfat og hydrogenprotoner i muskelvevet (Fitts, 1994). Utnyttelsesgraden henger sammen med oksygenopptaket på laktatterskel. Laktatterskelen påvirker derfor det akkumulerte oksygenopptaket under en utholdenhetsaktivitet (Bassett & Howley, 1997; LaFontaine, Londeree, & Spath, 1981). Ved likt oksygenopptak er det vist en høyere produksjon av La- ved armsykling enn ved beinsykling (Hooker, Wells, Manore, Philip, & Martin, 1990). Det er også vist en større laktatproduksjon ved staking enn ved teknikker som stiller mindre krav til overkroppen (Hoffman et al., 1998). En dårligere oksygenekstraksjon i overkroppen enn i beinmuskulaturen gjør at en større del av overkroppens bidrag kommer fra den anaerobe kapasiteten, enn kun ved bruk av beinmuskulaturen (Calbet et al., 2005). Dette gjør at en vil kunne forvente en høyere La- under staking enn ved løping, hvor man kun bruker beina (LaRoche, Amann, & Rundell, 2010).

2.1.3 Arbeidsøkonomi

Hvor stor hastighet eller effekt man får ut av et gitt oksygenopptak avhenger av hvor effektivt kroppen omsetter ATP til ytre mekanisk arbeid (Joyner & Coyle, 2008). Avhengig av bevegelsesform, belastning, og individuelle forskjeller kan den mekaniske effektiviteten til mennesker variere mellom 5-25 % (Perrault, 2006). De vanligste måtene å angi arbeidsøkonomi er oksygenkostnad på en gitt hastighet, distanse eller effekt. Ved idretter hvor det er vanskelig å måle den ytre effekten, som langrenn og løping, er det vanlig å angi arbeidsøkonomi som oksygenkostnad per meter. Oksygenkostnaden ($\text{ml/kg} \times \text{min}$) på en gitt hastighet i løp, kan variere med 30-40 % mellom individer (Conley & Krahenbuhl, 1980; Farrell, Wilmore, Coyle, Billing, & Costill, 1979; Joyner, 1991). I langrenn er det vist en variasjon på opp mot 20 % mellom utøvere på svært høyt nivå (Losnegard, Myklebust, & Hallen, 2012). Det har blitt funnet at juniorlangrennsløpere har 4-5 % høyere oksygenkostnad enn seniorløpere, mens det ikke var noen forskjell mellom kjønn (Ainegren, Carlsson,

Tinnsten, & Laaksonen, 2013). Forskjellen i oksygenkostnad mellom junior- og seniorløpere kan komme av flere år med spesifikk langrennstrening og kan være med på å indikere at juniorløpere har et potensial til å øke oksygenkostnaden og i langrenn.

Det er funnet at langrennsløpere på høyt nivå har en mekanisk effektivitet på ca. 15-16 % i staking og dobbeldans (Losnegard et al., 2014; Sandbakk, Holmberg, Leirdal, & Ettema, 2010). Addering av skyv fra beinmuskulaturen til staketeknikken, som danner dobbeldans, førte til en økning av sykluslengde på 16 % og en 16 % reduksjon i syklusfrekvens på submaksimale belastninger. Adderingen av skyv førte til en 14 % høyere makshastighet, gjennom 30 % økning av sykluslengde og 16 % reduksjon i syklusfrekvens, samt et 11 % høyere $VO_{2\text{-maks}}$ (Sandbakk, Leirdal, & Ettema, 2015). Ettersom overkroppsarbeidet er tilnærmet likt i staking og dobbeldans kan det tenkes at en bedring av staketeknikken og prestasjonen i staking kan påvirke teknikken og prestasjonen i dobbeldans.

Det er funnet at padleteknikken er mer arbeidsøkonomisk enn dobbeldans i motbakker ($>4^\circ$) (Kvamme, Jakobsen, Hetland, & Smith, 2005), men det er også funnet lik arbeidsøkonomi for skøyteknikkene padling og dobbeldans på ulike vinkler ($4-6^\circ$) (Losnegard et al., 2012). Grunnen til forskjellene i disse studiene kan være økt hastighet og økt fokus på dobbeldans i de senere år, noe som kan være med å indikere trenbarhet i overkroppen til allerede godt trente langrennsløpere. Oksygenkostnad rapporteres å korrelere signifikant med prestasjon i langrenn (Mahood, Kenefick, Kertzer, & Quinn, 2001; G. P. Millet, Boissiere, & Candau, 2003; G. Y. Millet, Perrey, Candau, & Rouillon, 2002). Trenbarheten for oksygenkostnad er imidlertid omdiskutert. I to sesongvariasjonsstudier over 6 måneder ble det ikke funnet noen endring i arbeidsøkonomi for elitesyklister (Lucia, Hoyos, Perez, & Chicharro, 2000; Sassi, Impellizzeri, Morelli, Menaspa, & Rampinini, 2008). Det ble foreslått at endring i arbeidsøkonomi hos elitesyklister ikke var like tydelig som hos mosjonister (Sassi et al., 2008). I langrenn har det derimot blitt observert en redusert oksygenkostnad fra tidlig forberedelsesperiode (juni) til sen forberedelsesperiode (oktober) (Losnegard et al., 2013). Det ble foreslått at endringene kunne komme som en følge av tekniske justeringer gjennom sesongen, da langrenn er en mer kompleks teknisk idrett enn sykling. En eventuell forskjell i arbeidsøkonomi vil være lav da det ser ut til at det er små endringer i arbeidsøkonomi hos godt trente langrennsløpere. Staking er også en noe mindre kompleks øvelse enn dobbeldans, og man vil kanskje ikke se like endringer som i studien til Losnegard et al. (2013).

2.1.4 Overkropp/underkropp

Staking har tradisjonelt vært en høyhastighetsteknikk som tas i bruk i flatt terreng. De siste årene har utviklingen gått i retning av mer staking, også i motbakker med lav hastighet. Fremdriften i staking skapes utelukkende med kraft gjennom stavene. I dobbeldansteknikken, som har tilnærmet likt overkroppsarbeid som staketeknikken, står kraft gjennom stavene for 67-70 % av fremdriften i motbakke (5°) ved moderate- og konkurranselike hastigheter, mens kraft gjennom stavene står for 46-50 % av fremdriften i padleteknikken. I motbakketeknikken diagonalgang, står kraft gjennom stavene for 25-28 % av fremdriften (G. Smith; Pellegrini, Bortolan, & Schena, 2011). Staketeknikken stiller større krav til overkroppsmuskulaturen enn de to andre klassiske teknikkene, dobbelttak med fraspark og diagonalgang (Calbet et al., 2005; Gopfert, Holmberg, Stoggl, Muller, & Lindinger, 2013). Ved høy intensitet vil bidraget fra beina utgjøre en større del av arbeidet enn ved lav intensitet (Bojsen-Moller et al., 2010; Holmberg, Lindinger, Stoggl, Eitzlmair, & Muller, 2005; Rud et al., 2014). I en studie av Rud et al (2014) målte de energiomsetningen i armer og bein ved staking på belastning tilsvarende 54 og 76 % av $VO_{2\text{-maks}}$ staking. Når belastningen økte fra 54 til 76 % økte oksygenopptaket i armene og beina med respektive 20 og 53 %. Mens oksygenopptaket i beina økte som en følge av økt blodstrøm og økt oksygenekstraksjon, økte oksygenopptaket i armene kun som en følge av økt blodstrøm, da oksygenekstraksjonen var uforandret. Resultatene er støttet av andre studier (Calbet et al., 2005; Stoggl, Bjorklund, & Holmberg, 2013). Det kan se ut til at oksygenekstraksjonen i armene er en begrensende faktor for $VO_{2\text{-maks}}$ staking. Hvis oksygenekstraksjonen i armene er trenbart kan man muligens få økt $VO_{2\text{-maks}}$ staking og dermed bedre prestasjonen i staking.

Kajakk- og langrennsutøvere har større arteriell diameter enn orienteringsløpere i armene (Lundgren, Karlsen, Sandbakk, James, & Tjonna, 2015). Det ble foreslått at dette kunne reflektere deres adaptasjoner til regelmessig utholdenhetstrening på overkroppsmuskulaturen. Terzis, Stattin og Holmberg (2005) gjennomførte en 20 ukers treningsintervensjon med markant økning av rulleskitrening, sammenlignet med året før, på godt trent langrensløpere. Deltakerne gjennomførte rene stakeøkter på rulleski med en intensitet på 75-90 % av maksimal hjertefrekvens (HFmaks), tre ganger i uken. Andelen rulleskitrening økte med 27 % i forhold til samme periode året før. Forfatterne fant at triceps brachii har en lik adaptasjon som beinmuskulaturen deres. Adaptasjonen medførte økt kapillarisering, økt muskeltvernsnitt og en økt andel myosin heavy chain (MHC) 2 fibre på bekostning av MHC 1 fibre. De fant også en forbedring i staking på rulleski med 10 %, noe som korrelerte med økning av den

relative andelen MHC 2 fibre i triceps brachii. Derimot uten en kontrollgruppe er det vanskeligere å konkludere med at adaptasjonene kom som en følge av treningen alene. Deltakerne var 18-20 år og trolig ikke ferdig utviklet, og deler av adaptasjonene kan ha kommet som en følge av naturlig utvikling.

I en studie av Nilsson, Holmberg, Tveit og Hallén (2004) gjennomførte en gruppe med godt trente langrennsløpere på regionalt og nasjonalt nivå en seks ukers treningsintervensjon med stakelintervaller på stakergometer, tre ganger i uken. Gruppen som trente 3 minutters drag, på 85 % av gjennomsnittseffekten de oppnådde på en 6 minutters prestasjonstest, fikk en økning i $VO_{2\text{-maks}}$ steking mens $VO_{2\text{-maks}}$ løp var uendret. Kontrollgruppen og gruppen som trente 20 sekunders drag på maks intensitet fikk ingen økning i hverken $VO_{2\text{-maks}}$ steking eller $VO_{2\text{-maks}}$ løp. Resultatene viser at et treningsregime med fokus på høyintensiv staketrening kan øke $VO_{2\text{-maks}}$ steking hos allerede godt trente langrennsløpere, og dermed bidra til å bedre prestasjonen hos langrennsløpere. Vi ønsket å se om spesifikk rulleskitrening, og da spesielt staketrening, kunne bedre prestasjonen i steking og skøyting.

Jeg har ikke funnet noen studier som ser på effektene av økt andel staketrening, på rulleski, med en kontrollgruppe.

2.2 Trening

2.2.1 Volum og intensitet

Avhengig av den muskulære belastningen i hver enkelt aktivitet, trener utøvere innen sykkel, løp og langrenn ca. 60-100 timer per måned i grunntreningsperioden. (Billat, Demarle, Slawinski, Paiva, & Koralsztein, 2001; Holmberg et al., 2007; Losnegard et al., 2013; Tonnessen et al., 2014; Zapico et al., 2007). Hos juniorlangrennsløpere er det rapportert om lavere treningsmengder, ca. 40 timer per måned i tilsvarende periode (Sandbakk et al., 2011). Inn mot konkurransesesongen reduserer langrennsløperne andelen lav intensiv trening (LIT) (55-82 % av HFmaks) gradvis, mens andelen middels intensiv trening (MIT) (82-87 % av HFmaks) og høy intensiv trening (HIT) (>87 % av HFmaks) øker. Lav intensiv trening utgjør ca. 80-90 %, mens middels intensiv trening og høyintensiv trening utgjør ca. 5-10 % hver av total utholdenhetstrening (Losnegard et al., 2013; Sandbakk et al., 2011; Tonnessen et al., 2014). Den polariserte treningsmodellen med høyt volum på LIT, lavt volum på MIT og moderat volum på HIT finner man også hos syklister. Svømmere og løpere gjennomfører en

noe høyere andel av treningen som HIT (Billat et al., 2001; Siewierski, 2010; Zapico et al., 2007).

2.2.2 Bevegelsesform

I utholdenhetsidretter som løping, sykling og svømming utføres som regel 95-100 % av utholdenhetstreningen i den konkurransespesifikke aktiviteten (Billat et al., 2001; Siewierski, 2010; Zapico et al., 2007). For langrennsløpere er andelen spesifikk trening derimot betydelig lavere. I grunntreningsperioden trener langrennsløpere tradisjonelt en del alternative aktiviteter som løping og sykling, i stedet for å fokusere fullt på den mer konkurranselike aktiviteten, rulleski. I gjennomsnitt ligger ca. 50 % av utholdenhetstreningen på rulleski/ski mens de resterende 50 % fordelt på løping, sykling og andre aktiviteter (Losnegard et al., 2013; Tonnessen et al., 2014). Det er stor individuell variasjon i valg av utholdenhetsaktivitet i denne treningsperioden. Det er rapportert at opp mot 45-50 % av utholdenhetstreningen foregår som løping og 25-30 % av treningen på sykkel hos andre utøvere (Losnegard et al., 2013).

3 Metode

3.1 Deltakere

Atten juniorlangrennsløpere (12 gutter og 6 jenter) ble rekruttert fra Norges Toppidrettsgymnas ved Geilo (NTG Geilo). Et detaljert informasjonsskriv ble underskrevet og godkjent av deltakerne, eller deltakernes foresatte for de som var under 18 år. Prosjektet ble vurdert av Regionale komiteer for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK) avdeling sør-øst før oppstart (Referanse nr: 2014/1200-3).

Etter pretesting ble deltakerne delt inn i én av to grupper, løpegruppen (LG) eller stakegruppen (SG), basert på resultatene fra begge løpetestene, skøytetesten og staketesten, for å oppnå homogene grupper. Prosjektleder og deltakernes trenere fordelte deltakerne til de to respektive gruppene. To av deltakerne ble tildelt gruppe basert på skadehistorikk. Seks deltakere ble ekskludert grunnet sykdom eller for stort avvik fra planlagt trening. Tolv deltakere (7 gutter og 5 jenter) gjennomførte tester og treningsopplegg.

Tabell 3.1: Karakteristikk for Stakegruppen (SG; n=6) og Løpegruppen (LG; n=6) ved pretest. Data er gjennomsnitt ± standardavvik.

| Gruppe | LG (snitt ± SD) | | | SG (snitt ± SD) | | |
|----------------------------------|-----------------|--------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|
| | Jenter (n=3) | Gutter (n=3) | Samlet | Jenter (n=2) | Gutter (n=4) | Samlet |
| Alder | 16,7 ± 0,6 | 17,7 ± 0,6 | 17,2 ± 0,8 | 18 ± 0 | 17,8 ± 1 | 17,8 ± 0,8 |
| Høyde | 1,64 ± 1,2 | 1,79 ± 5,5 | 1,72 ± 9,3 | 1,62 ± 1 | 1,79 ± 0,6 | 1,74 ± 9,5 |
| Vekt | 59,1 ± 3,1 | 78,5 ± 9,2 | 68,8 ± 12,2 | 55,9 ± 2 | 76,4 ± 4,2 | 69,6 ± 11,1 |
| KMI | 18,1 ± 0,9 | 21,8 ± 1,9 | 20 ± 2,5 | 17,1 ± 0,5 | 21,4 ± 1,4 | 20 ± 2,5 |
| VO_{2maks}løp | 58,4 ± 1,1 | 70,6 ± 2,7 | 64,5 ± 6,9 | 65,1 ± 0,5 | 71 ± 0,9 | 69 ± 3,1 |
| VO_{2maks}staking | 49,9 ± 5,3 | 60,2 ± 0,8 | 55,1 ± 6,7 | 56,7 ± 1,1 | 60,1 ± 4,6 | 58,9 ± 4 |

3.2 Eksperimentelt design

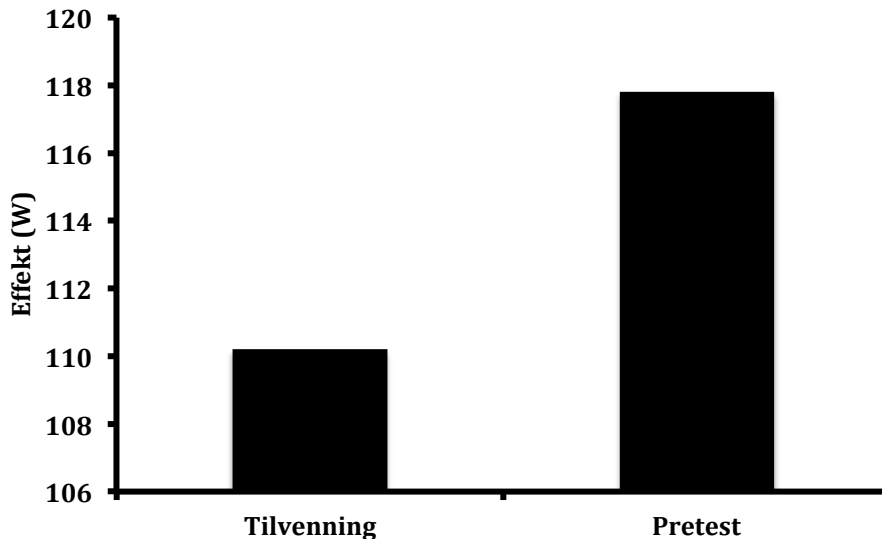
Alle tester er utført ved NTG Geilo sine lokaler (790 moh), og utendørsområder på Geilo (790-1025 moh). Før pretest (juni) ble det gjennomført tilvenning på stakeergometer som inneholdt én økt der hver deltaker fikk prøve stakeergometeret på egenhånd, og én økt med en nedkortet variant av testprotokollen. Stavlengthe og ”pacing-watt” (den effekten de skulle holde på det første 1,5 minuttet av testen) ble bestemt på denne testen. Deltakerne var fra tidligere godt kjent med VO_{2maks}-test ved løp på tredemølle. Deltakerne var også godt kjent med utendørs løp- og rulleskitest. Innetestene ble gjennomført i løpet av to påfølgende dager.

Gruppen ble delt i to og halvparten testet løp innendørs på dag 1, mens den andre gruppen testet stakeergometer. Dag 2 gjennomførte de den resterende testen. Rekkefølgen på testene var lik på pre- og posttest (august). Deltakerne testet ved så lik tid på døgnet som det lot seg gjøre, deltakerne ble bedt om å avstå fra intensiv trening og konkurranser de siste to dagene før test, i tillegg til at treningen de to siste dagene før test skulle være så lik som mulig før pre- og posttest. Dersom deltakere var syke og ikke kunne teste til oppsatt tid, ble de testet påfølgende uke. En deltaker testet ved Norges idrettshøgskole i Oslo (198 moh) ved pre- og posttest. Trenerne ved NTG Geilo gjennomførte utetestene på løp og rulleski. Disse testene ble gjennomført én uke før innetestene. Etter inndeling i grupper trente deltakerne i 11 uker frem til posttest (se kap. 3.4 Treningen). Deltakere som ikke kunne møte til tester eller ekstra oppsatte testdatoer, innenfor rimelig tid, ble ekskludert fra studien. Deltakere som ikke hadde fulgt den oppsatte treningen i tilstrekkelig grad ble også ekskludert.

3.3 Testprosedyrer

3.3.1 Tilvenning

Før pretest gjennomførte deltakerne to tilvenningsøkter på stakeergometer. Den første tilvenningsøkta ble gjennomført som lett staking i 5 min. Den andre tilvenningsøkten gjennomførte deltakerne 2 min arbeid på hver av de tre submaksimale belastningene som inngår i testprotokollen 30, 40 og 50 watt for jentene og 50, 75 og 100 watt for guttene. Etter en pause på 3 minutter, gjennomførte de en 5 minutters prestasjonstest, med mål om å produsere høyest mulig gjennomsnittseffekt. Resultatet fra den andre tilvenningsøkten danner grunnlaget for 1,5 minutter med "pacing-watt" på prestasjonstesten. Deltakerne var allerede kjent med løpsprotokollen, samt måling av oksygenopptak og $\dot{V}O_2$. Deltakerne produserte signifikant høyere effekt på pretest-staking sammenlignet med tilvenningstesten ($8,7 \pm 7,2\%$; $p < 0,05$) (Figur 3.1).

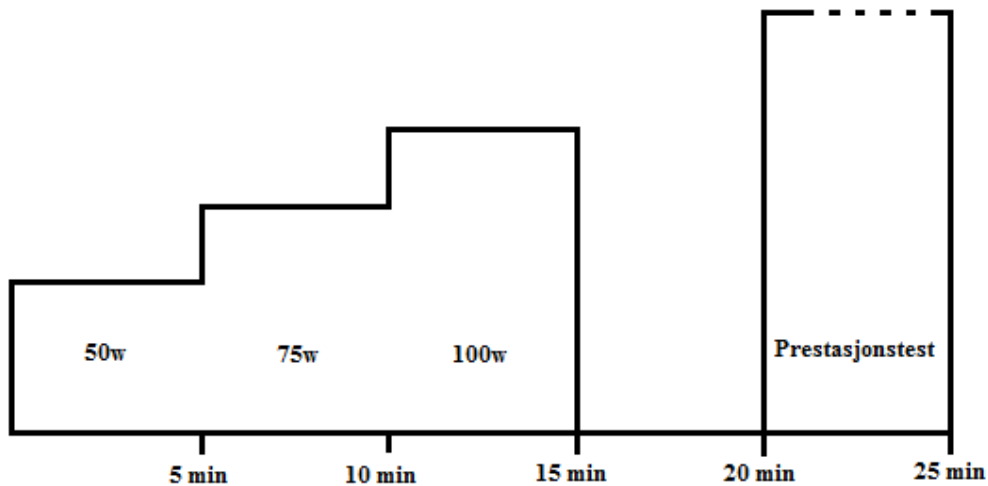


Figur 3.1: Oppnådd effekt på tilvennings- og pretest. Data er gjennomsnitt.

3.3.2 Innendørs stakeprotokoll

Staketesten ble gjennomført på en Torax Trainer (ThoraxTrainer Elite; ThoraxTrainer ApS, Kokkedal, Danmark) (Figur 3.3). Stavenes lengde ble individuelt tilpasset (Swix CT-1). Det ble benyttet 5 cm kortere staver enn det utøverne brukte utendørs i klassisk stil. Valg av 5 cm kortere staver ble gjort på bakgrunn av at skinnene som staven festes i er tilsvarende høyere enn underlaget deltakerne står på. Den elektromagnetiske bremsemotstanden på ergometeret ble holdt lik under alle testene (motstand 7), etter erfaringer fra tidligere prosjekter og pilottester ved Norges idrettshøgskole. Motstanden var lik for gutter og jenter, slik at verdiene kunne sammenlignes mellom kjønnene. Utviklet effekt ble derfor bestemt av stavens horisontale forflytning bakover per tidsenhet og stakefrekvens. Det ble benyttet stakeergometer med kulelager mellom stav og skinne, og motstandskoeffisienten på svinghjulet ble sjekket før hver testdag. Belastningen på de tre submaksimale dragene var 30, 40 og 50 Watt for jenter og 50, 75 og 100 Watt for gutter. Etter 10 min standardisert oppvarming (løp, 55-72 % av HFmaks), gjennomførte deltakerne de tre submaksimale belastningene á 5 min, kontinuerlig uten pause, totalt 15 minutter. Oksygenopptaket ble målt kontinuerlig, pust-til-pust med individuelt tilpasset ansiktsmaske (Oxycon Pro; Jaeger Instrument, Hoechberg, Tyskland), validert opp mot Douglas bag (Rietjens, Kuipers, Kester, & Keizer, 2001). Det ble utført standardisert kalibrering før hver deltaker, der luftstrømturbinen for volummåling av inspirasjon- og ekspirasjonsgass (Triple V; Erich Jaeger GmbH, Hoechberg, Tyskland) ble byttet og kalibrert med en 3L kalibreringspumpe

(Calibration Syringe, series5530; Hans Rudolph Inc., Kansas City, Missouri, U.S.A.). Gassanalysatoren ble kalibrert mot uteluft og kalibreringsgass (5,9 % karbondioksid, 14,9 % oksygen og restgass nitrogen; Riessner-Gase GmbH, Lichtenfels, Tyskland). I tillegg ble "ambient conditions" (temperatur og luftfuktighet) oppdatert. Kalibrering før hver deltaker ble gjort da luftstrømturbinen ble byttet ut mellom hver deltaker. Deltakerne ble veid før hver test (Seca model nr: 877; Seca GmbH & Co., Hamburg, Tyskland). Deltakerne fikk visuell feedback om effekt per stavtak og gjennomsnittseffekt for hver 5-minutters periode. Etter de submaksimale testene fikk deltakerne 5 min pause før prestasjonstesten. Deltakerne fikk kun drikke vann mellom testene. De første 90 sekundene av prestasjonstesten ble gjennomført på den individuelle gjennomsnittseffekten oppnådd under tilvenningstesten. Effekten under de første 90 sekundene (pacing-watt) var den samme ved pre- og posttest.



Figur 3.2: Illustrasjon av protokollen som ble brukt under staketesten (gutter).

Oksygenopptaket ble målt kontinuerlig under hele testen. Pacing-perioden gjorde at deltakerne kom godt i gang med testen, uten å åpne for hardt. Etter 90 sekunder fikk deltakerne lov til å styre intensiteten selv. Målet var å oppnå så høy gjennomsnittseffekt som mulig de resterende 3,5 minuttene. Deltakerne fikk muntlig og grafisk veiledning av tester og protokoll underveis. Deltakerne ble oppmuntret, hvert 30 sekund, til å yte maksimalt. Umiddelbart etter hver submaksimale belastning og makstest ble deltakerne spurt om deres opplevde anstrengelse, med Borgs Rating of Perceived Exertion (RPE) 1-10 skala. Hjerterefrekvensen ble målt under hele testen med Polar S610i™ (Polar Electro Oy, Kempele, Finland).

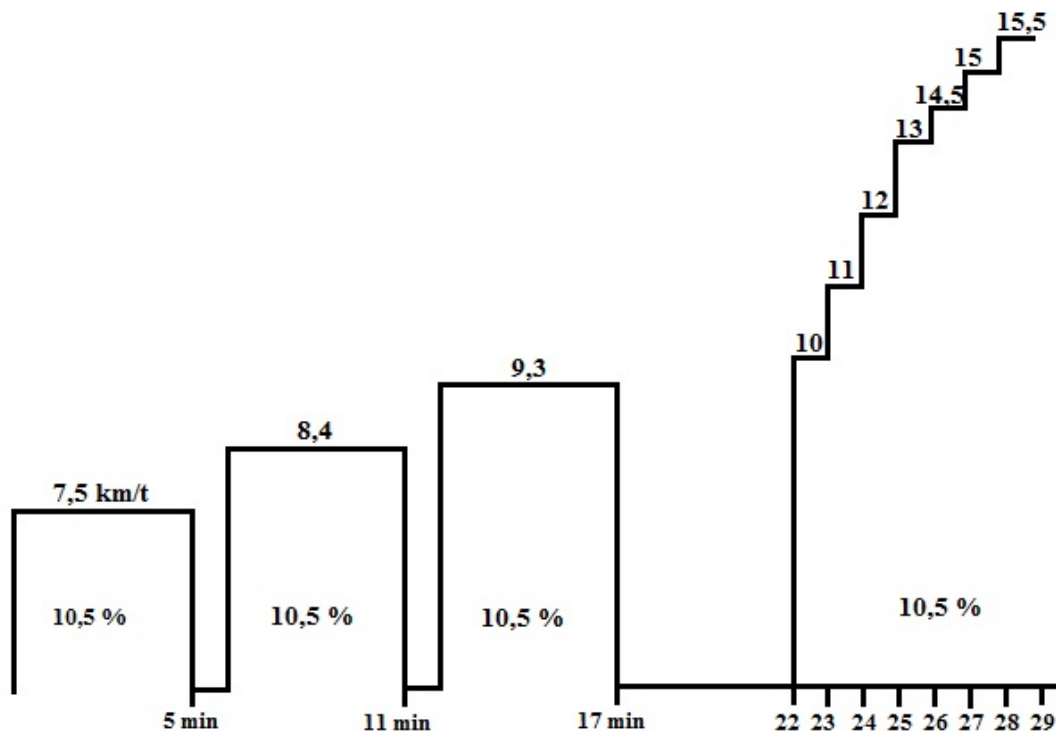


Figur 3.3: Illustrasjon av stakerometeret som ble brukt til testing i studien.

3.3.3 Innendørs løpsprotokoll

Løpsprotokollen ble gjennomført på tredemølle (Woodway Desmo- Evo; Woodway GmbH, Waukesha, Wisconsin, U.S.A.). Før testen ble deltakerne veid (Seca model nr: 877; Seca GmbH & Co., Hamburg, Tyskland) og instruert i testprosedyre og protokoll. Etter 10 min jogging på 55-72 % av maks HF, gjennomførte deltakerne submaksimale drag á 5 min, med 1 min pause, med stigning 10,5 %. Starthastigheten ble bestemt fra tidligere tester og varierte fra 5,7 til 8,4 km/t og hastigheten ble økt 0,9 km/t for hvert drag. De siste 2,5 min av hvert drag ble deltakernes oksygenopptak målt med miksekammer (Oxycon Pro; Jaeger Instrument, Hoechberg, Tyskland), validert opp mot Douglas bag (Foss & Hallen, 2005). Standardisert kalibrering ble gjennomført ved start hver testdag og etter hver fjerde testperson. Kalibreringsmetodene var like som ved staketesten, men ble utført sjeldnere ved løpstest grunnet lik luftstrømturbin for hver deltaker. Hjerterefrekvens ble målt kontinuerlig med Polar S610i™ (Polar Electro Oy, Kempele, Finland). Laktatmåling ble foretatt umiddelbart i pausene mellom dragene (Lactat Plus, Nova Biomedical, U.S.A). Deltakerne rapporterte subjektiv anstrengelse etter hver submaksimale belastning, Borgs RPE fra 1 til 10. Den submaksimale testen ble avsluttet når deltakerne nådde en laktatverdi på over 3,5 mmol/L.

Deltakerne gjennomførte like mange drag på post- som pretest, uavhengig av laktatverdi på posttesten. Antall submaksimale drag varierte mellom 3 og 4. Etter siste submaksimale drag var det 5 minutter pause før makstest. Måling av $VO_{2\text{-maks}}$ ble gjennomført som en tid til utmattelsestest (TTU), med gradvis økende hastighet. Testvariablene ble blindet for deltakerne. Jentene startet testen på 9 km/t mens guttene startet på 10 km/t. Hastigheten ble økt med 1 km/t per minutt de tre første minuttene, deretter økte hastigheten med $\frac{1}{2}$ km/t per minutt til deltakerne ikke klarte å fortsette. Deltakerne ble oppmuntret underveis i testen. Etter endt test rapporterte deltakerne subjektiv anstrengelse, Borgs RPE fra 1 til 10 .



Figur 3.4: Illustrasjon av protokollen som ble brukt under løpetesten. 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

Deltakerne gjennomførte et testløp på 2,88 km og 200 høydemeter (gjennomsnittlig stigning på 6,94 %) med fellesstart. NTG Geilo har utviklet en standardisert individuell 45 minutter lang oppvarmingsprotokoll, som ble brukt i pre- og posttest.

3.3.5 Utendørs rulleskiprotokoll

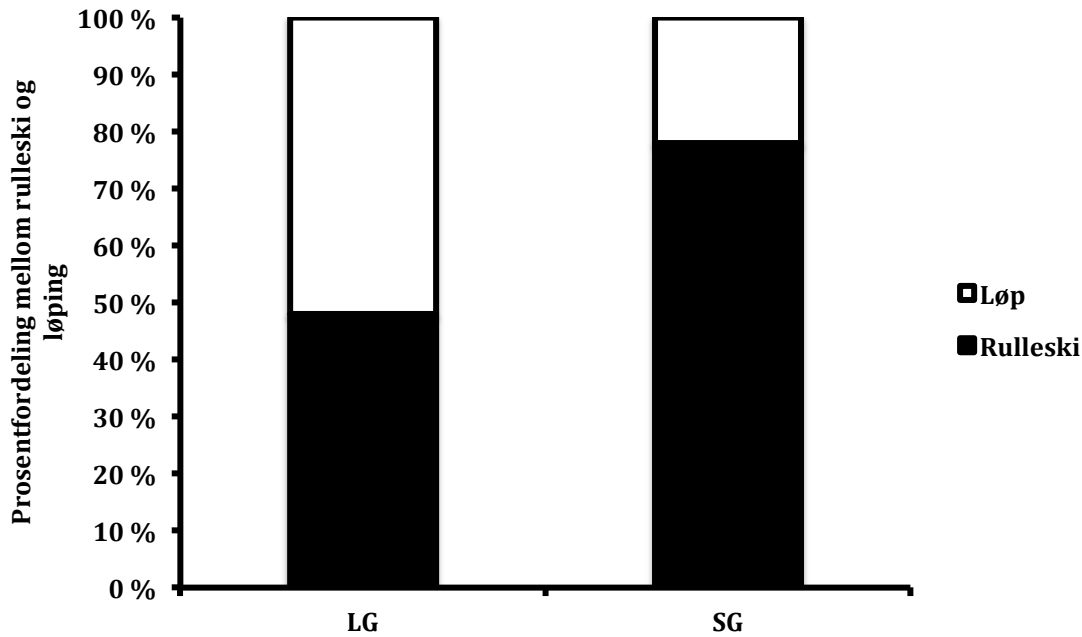
NTG Geilo har også for denne testen en standardisert oppvarmingsprotokoll som ble brukt i pre- og posttest. Deltakerne varmet opp med 10 min jogg før de fikk utdelt rulleski 30 min før

teststart. Rulleskiene var merket, så alle deltakerne brukte samme rulleskipar ved hver test. Rulleskiene ble lagret tørt og ble ikke brukt mellom testene. Etter deltakerne fikk utdelt rulleski, gjennomførte de standardisert individuell oppvarming. Deltakerne gjennomførte testen i skøyteteknikk. Testløpet ble utført som enkeltstart med 30 sekunders intervall, hvor de gikk ut i kronologisk rekkefølge rangert etter personlig rekord. Testløypen var 5,75 km lang og steg 235 høydemeter (gjennomsnittlig stigning på 4,08 %). Løypeprofilen gjorde det slik at det hovedsakelig var teknikken dobbeldans som ble benyttet.

3.4 Treningen

Under intervensjonsperioden på 11 uker skulle LG ha en prosentfordeling i timer på 52:48 mellom løp og rulleski. Mens fordelingen i antall økter mellom hardøktene skulle være 4:1 mellom løp og rulleski. Her skulle rulleskiøkten være skøyting.

Under den samme perioden skulle SG ha et mengdeforhold på 22/78 mellom løp og rulleski. Her skulle fordelingen mellom hardøktene være 1/4 mellom løp og rulleski, mens 3 av 4 rulleskiøkter skulle være staking. Treningen ble loggført ved bruk av session-goal-metoden hvor deltakerne førte opp tiden i de sonene de hadde som mål å ligge i under treningsøkten (Seiler & Kjerland, 2006). Treningen ble kategorisert inn i tre intensitetssoner: lav intensiv trening (LIT; 55-82 % av maks HF), middels intensiv trening (MIT; 82-87 % av maks HF) og høy intensiv trening (HIT; 87-100 % av maks HF). Det ble ikke satt noen retningslinjer på styrketrening, hurtighetstrening eller bevegelighetstrening.



Figur 3.5: Den planlagte fordelingen av utholdenhetstrening mellom løp og rulleski for LG og SG.

3.5 Statistiske metoder

Rådata blir presentert som gjennomsnitt \pm standardavvik (SD), med mindre noe annet er spesifisert. Relative endringer blir presentert som gjennomsnitt \pm 95 % konfidensintervall (KI). Forskjell i endring innad i gruppene ble undersøkt med tosidig paret Students t- test. Forskjell i endring mellom gruppene fra pre- til posttest ble undersøkt med tosidig uparet Students t- test. Forskjell i endring fra pre- til posttest på prestasjonstestene ble også analysert med kovariansanalyse (ANCOVA) for å justere for forskjell i total treningsmengde mellom gruppene. $P < 0,05$ ble satt som signifikansnivå mens $p < 0,1$ ble omtalt som en tendens. Effektstørrelse (ES; Cohen's d) i forskjell i endring mellom gruppene ble utregnet som:

$$\frac{\Delta SG - \Delta LG}{Pooled SD}$$

hvor Δ -verdier er absolutt forskjell mellom pre- og postverdier innad i gruppene og pooled SD er:

$$\sqrt{\frac{(n_{menn} - 1)V_{menn} + (n_{kvinner} - 1)V_{kvinner}}{n_{kvinner} + n_{menn} - 2}}$$

hvor V er variansen i pre-verdiene til menn og kvinner og n er antall FP'er av ulike kjønn. ES ble klassifisert som ubetydelig ($<0,2$), liten ($0,2-0,6$), moderat ($0,6-1,2$), stor ($1,2-2,0$) og veldig stor ($>2,0$)(Hopkins, 2002). For å finne korrelasjon mellom to variabler ble det brukt Pearson's r . Korrelasjonen ble sett på som lav ($0,1-0,3$), middels ($0,3-0,5$), høy ($0,5-0,7$), veldig høy ($0,7-0,9$) og tilnærmet perfekt ($0,9-1$)(Hopkins, 2002). Data ble behandlet i Microsoft Office Excel 2011 (Microsoft, Readmond, USA) og IBM SPSS Statistics 20.0 (International Business Machines, New York, USA).

4 Resultater

4.1 Treningen

Det var en signifikant forskjell i LIT og totalt antall timer kondisjonstrening mellom gruppene ($p < 0,05$), men ingen forskjell i MIT, HIT og prosentvis fordelingen mellom intensitetssonene (Tabell 4.1).

Tabell 4.1: Treningstimer per uke gjennom intervensjonsperioden fordelt på intensitetssoner for løpegruppen (LG) og stakegruppen (SG).

| | LG (n=6) | | SG (n=6) | | Gruppesammenligning (ES) | |
|------------|------------|---------------|-------------|---------------|--------------------------|-----------|
| | Timer | Fordeling (%) | Timer | Fordeling (%) | Timer | Fordeling |
| LIT | 10,8 ± 06 | 91 ± 3 | 14,3 ± 1,8* | 92 ± 3 | 1,64 | 0,02 |
| MIT | 0,6 ± 0,2 | 5 ± 1 | 0,7 ± 0,2 | 4 ± 2 | 0,64 | 0,16 |
| HIT | 0,5 ± 0,1 | 4 ± 2 | 0,7 ± 0,1 | 4 ± 1 | 0,39 | 0,08 |
| Sum | 11,9 ± 3,1 | 100 | 15,6 ± 1,7* | 100 | 1,57 | |

Data er gjennomsnitt ± standardavvik. ES: Effektstørrelse (Cohen's D). LIT: lav intensiv trening (<82 % av maksimal hjerterefrekvens), MIT: middels intensiv trening (82-87 % av maksimal hjerterefrekvens), HIT: høy intensiv trening (>87 av maksimal hjerterefrekvens). * signifikant forskjellig fra LG ($p < 0,05$).

Det var ingen signifikant forskjell mellom gruppene i antall timer løping i uken, mens det var en signifikant forskjell målt i prosent ($p < 0,05$). Det var en signifikant forskjell mellom gruppene i timer og prosentfordeling i skøyting og klassisk, og på ski samlet ($p < 0,05$). Ved annen trening var det ingen signifikant forskjell mellom gruppene.

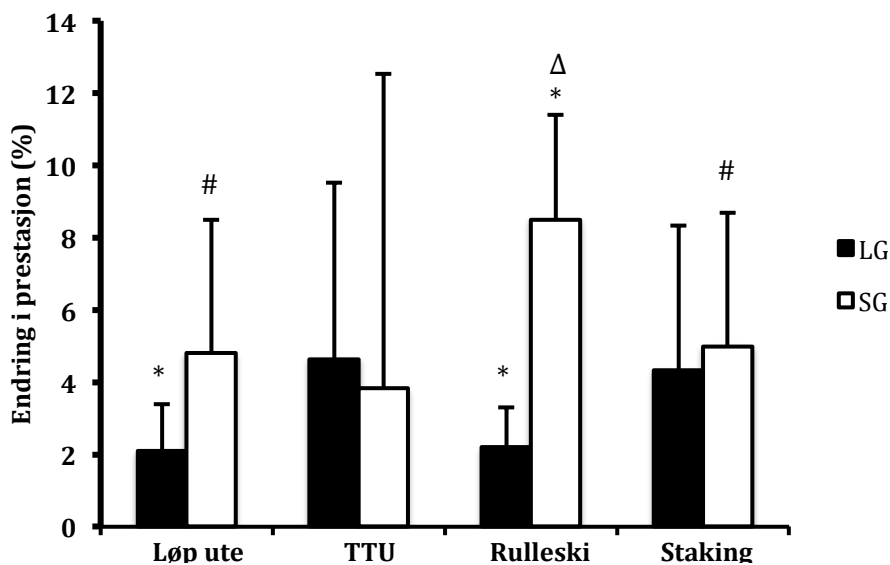
Tabell 4.2: Treningstimer per uke gjennom intervensjonsperioden fordelt på bevegelsesformer for løpegruppen (LG) og stakegruppen (SG). Ski = rulle ski og ski på snø slått sammen.

| | LG (n=6) | | SG (n=6) | | Gruppesammenligning (ES) | |
|-----------------|------------|---------------|-------------|---------------|--------------------------|-----------|
| | Timer | Fordeling (%) | Timer | Fordeling (%) | Timer | Fordeling |
| Løp | 5,8 ± 1,4 | 46 ± 7 | 5,1 ± 0,9 | 30 ± 3* | 0,57 | 3,41* |
| Ski | 5,4 ± 1,8 | 43 ± 5 | 9,3 ± 1,0* | 54 ± 7* | 2,81* | 2,01* |
| <i>Skøyting</i> | 2,6 ± 1,2 | 20 ± 4 | 4,1 ± 0,5* | 24 ± 2* | 1,86* | 1,56* |
| <i>Klassisk</i> | 2,8 ± 0,8 | 23 ± 5 | 5,2 ± 0,7* | 30 ± 6* | 3,31* | 1,45* |
| Annet | 1,4 ± 1,3 | 11 ± 7 | 2,8 ± 1,5 | 16 ± 7 | 0,97 | 0,74 |
| Sum | 12,6 ± 4,0 | 100 | 17,2 ± 2,3* | 100 | 1,46* | |

Data er gjennomsnitt ± standardavvik. ES: effektstørrelse (Cohen's d). * signifikant forskjell mellom gruppene ($p < 0,05$).

4.2 Prestasjon

Det var ingen signifikant forskjell i endring mellom gruppene i løpstesten utendørs ($p=0,31$; $ES=0,42$). Tid brukt på utendørs løpstest ble redusert med $2,1 \pm 2,0$ % i LG ($p<0,05$; $ES=0,04$) og med $4,8 \pm 5,6$ % i SG ($p<0,1$; $ES=0,17$) fra pre- til posttest. Det var ingen signifikant forskjell i endring mellom gruppene i tid til utmattelse (TTU) ($p=0,9$; $ES=0,08$). Det var ingen signifikant endring i tid til utmattelse for LG $4,6 \pm 7,5$ % ($p=0,19$; $ES=0,07$) eller SG $3,8 \pm 13,3$ % ($p=0,51$; $ES=0,07$). SG reduserte tiden på rulleskitesten signifikant i forhold til LG med $6,3$ % ($p<0,05$; $ES=0,60$). LG reduserte tid brukt på rulleskitest med $2,2 \pm 1,7$ % ($p<0,05$; $ES=0,03$) og SG reduserte tiden med $8,5 \pm 4,5$ % ($p<0,05$; $ES=0,29$). Det var ingen signifikant forskjell i endring mellom gruppene i effekt på prestasjonstesten ($p=0,54$; $ES=0,15$). LG hadde ingen signifikant endring i effekt ($4,3 \pm 6,1$ %; $p=0,14$; $ES=0,03$) mens SG hadde en tendens til økning i effekt ($5,0 \pm 5,7$ %; $p<0,1$; $ES=0,05$).



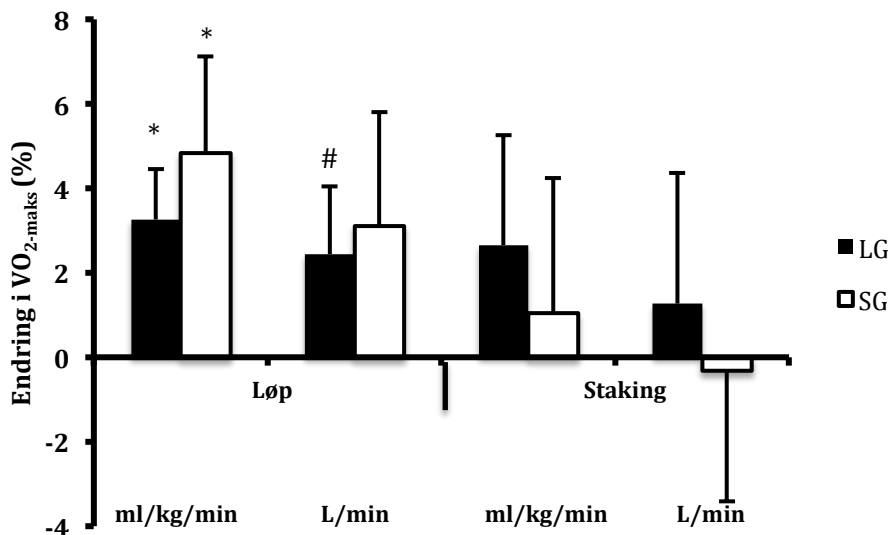
Figur 4.1: Prosentvis endring i prestasjon på løp ute, tid til utmattelse (TTU) på tredemølle, rulleski ute og stakeergometer fra pre- til posttest i løpegruppen (LG) og stakegruppen (SG). Data er gjennomsnitt og feilmargener er 95 % konfidensintervall. * signifikant forskjell fra pretest ($p<0,05$). # tendens til forskjell fra pretest ($p<0,1$). Δ signifikant større endring fra pre- til posttest i SG sammenlignet med LG ($p<0,05$).

4.3 Maksimalt oksygenopptak

Det var ingen signifikant forskjell i endring mellom gruppene i $VO_{2\text{-maks}}$ løp, i relative verdier ($p=0,35$; $ES=0,35$) eller i absolutte verdier (L/min) ($p=0,74$; $ES=0,12$). Begge gruppene økte $VO_{2\text{-maks}}$ løp i relative verdier LG $3,3 \pm 1,2$ % ($p<0,05$; $ES=0,07$) SG $4,8 \pm 2,3$ % ($p<0,05$;

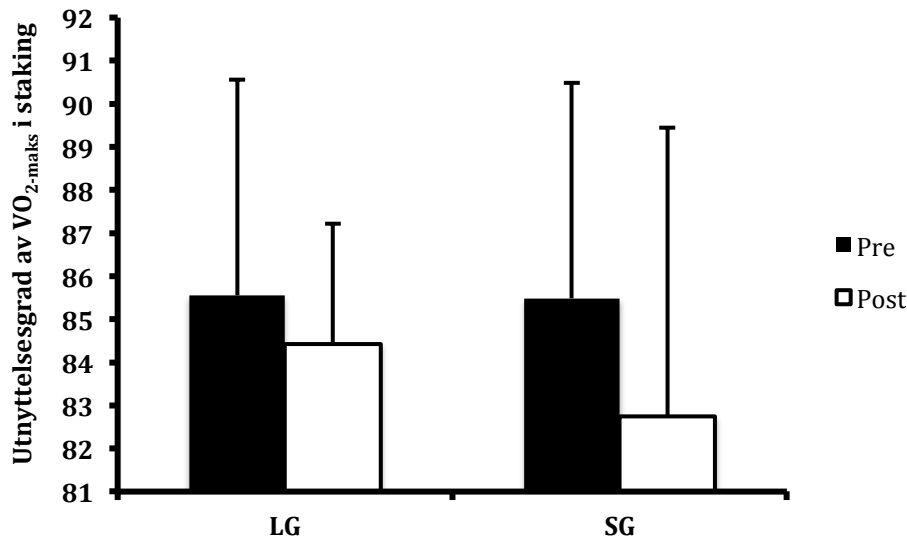
ES=0,2). LG hadde en tendens til økning av den absolutte verdien $2,4 \pm 1,6 \%$ ($p < 0,1$; ES=0,02), mens SG ikke hadde en signifikant endring $3,1 \pm 2,7 \%$ ($p = 0,13$; ES=0,04). Det ble også funnet en stor korrelasjon mellom prosentvis endring i $VO_{2\text{-maks}}\text{løp}$ og prestasjon på rulleskitesten ($r = -0,63$; $p < 0,05$).

Det var ingen signifikant forskjell i endring mellom gruppene i $VO_{2\text{-maks}}\text{staking}$, målt i relative verdier ($p = 0,85$; ES=0,19) eller i absolutte verdier ($p = 0,58$; ES=0,08). Det var ingen signifikant endring i relative verdier i LG $2,7 \pm 4,0 \%$ ($p = 0,16$; ES=0,05) eller i SG $1,0 \pm 4,9 \%$ ($p = 0,62$; ES=0,04). Det var ingen signifikant endring i absolutte verdier for LG $1,3 \pm 4,8 \%$ ($p = 0,55$; ES=0,01) eller SG $0,3 \pm 4,8 \%$ ($p = 0,88$; ES=0,00).



Figur 4.2: Prosentvis endring i oksygenopptak for absolutte verdier (L/min) og relative verdier (ml/kg x min) i løping og staking, i LG og SG. Data er gjennomsnitt og feilmarkører er 95 % konfidensintervall. * signifikant forskjell fra pretest ($p < 0,05$). # tendens til forskjell fra pretest ($p < 0,1$).

Det var ingen signifikant forskjell i endring mellom gruppene i prosentvis utnyttelse av $VO_{2\text{-maks}}\text{løp}$ i staking ($VO_{2\text{-maks}}\text{staking} / VO_{2\text{-maks}}\text{løp}$) ($p = 0,49$; ES=0,41). Det var ingen signifikant endring i LG $-1,1 \pm 2,6 \%$ ($p = 0,51$; ES=0,28) eller i SG $-2,7 \pm 2,5 \%$ ($p = 0,14$; ES=0,46).

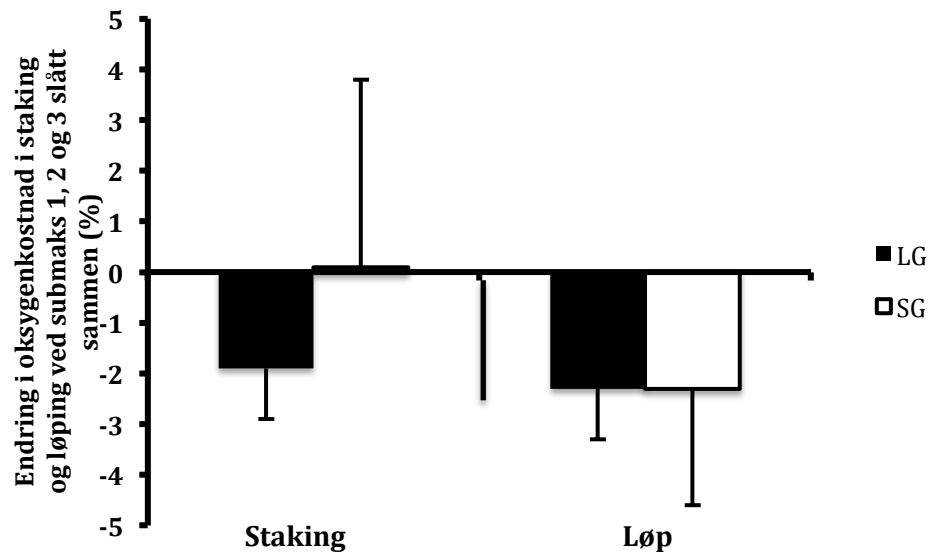


Figur 4.3: Endring i utnyttelsesgraden av $VO_{2\text{-maks}}$ løp på staketesten (løp/staking), pre og post for LG og SG. Data er gjennomsnitt og feilmarkører er standardavvik.

4.4 Oksygenkostnad

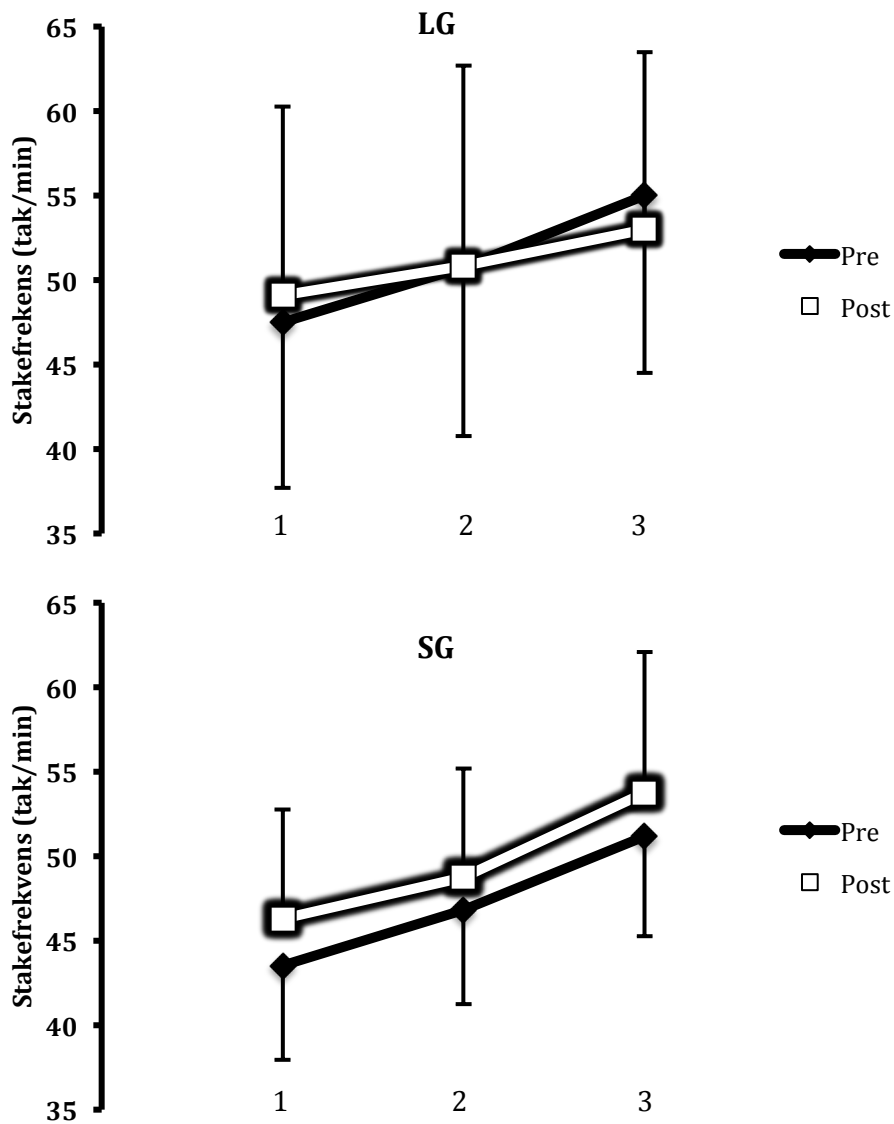
Det var ingen signifikant forskjell i endring mellom gruppene i oksygenkostnad i staking på submaks 1, 2 eller 3. Det var heller ingen signifikant endring fra pre- til posttest innad i noen av gruppene. Det var ingen signifikant forskjell i endring mellom gruppene i oksygenkostnad på submaks 1, 2 og 3 slått sammen ($p=0,52$; $ES=0,39$).

Det var ingen signifikant forskjell i endring mellom gruppene i oksygenforbruk i løp på submaks 1 ($p=0,81$; $ES=0,14$). LG hadde en tendens til endring $-3,2 \pm 3,2$ % ($p<0,1$; $ES=0,13$) mens SG hadde en signifikant endring $-2,8 \pm 1,8$ % ($p<0,05$; $ES=0,12$). Det var ingen signifikant forskjell i endring mellom gruppene i submaks 2 eller 3. Det var heller ingen signifikant endring innad i gruppene på submaks 2 eller 3. Det var ingen signifikant forskjell i endring mellom gruppene i oksygenforbruk på submaks 1, 2 og 3 slått sammen ($p=1$; $ES=0,0$). Det ble funnet en stor korrelasjon mellom oksygenkostnaden i løp og staking ved pretest ($r=0,51$; $p<0,05$).



Figur 4.4: Prosentvis endring i oksygenkostnad (L/min) i løping på tredemølle og i staking på stakergometer, fra pre- til posttest i løpegruppen (LG) og stakerguppen (SG). Data er gjennomsnitt og feilmarkører er 95 % konfidensintervall.

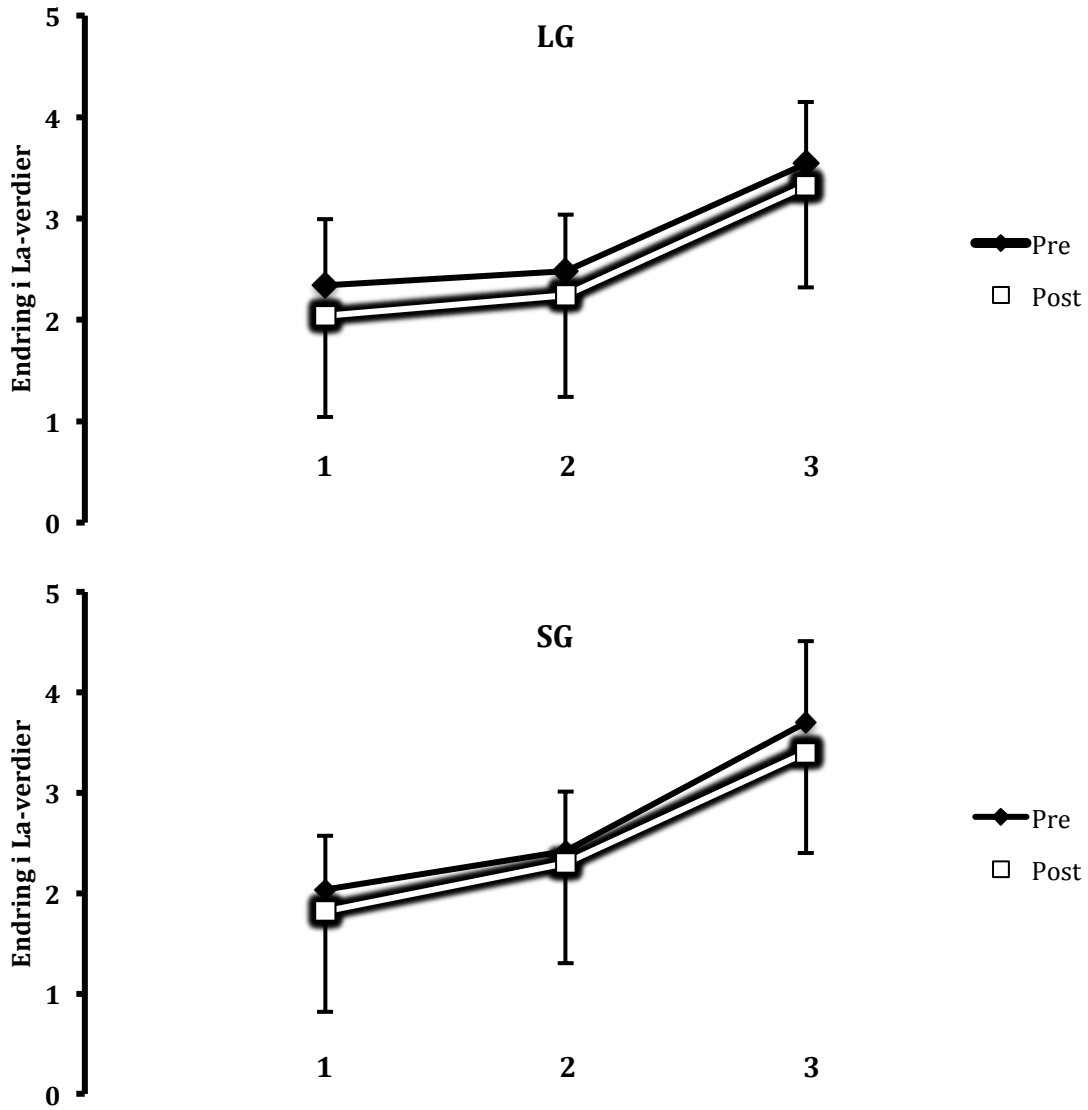
Det var ingen signifikant forskjell i endring fra pre- til posttest i stavtak per minutt på noen av de submaksimale belastningene mellom gruppene. Det var ingen signifikant endring fra pre- til posttest hos noen av gruppene på noen av de submaksimale belastningene.



Figur 4.5: Endring i stakefrekvens på stakeergometeret på de forskjellige submaksdragene. Data er gjennomsnitt og feilmarkører er standardavvik. 1 (submaks 1), 2 (submaks 2), 3 (submaks 3).

4.5 Laktat

Det var ingen signifikant forskjell i endring mellom gruppene i laktatverdier på submaks 1 ($p=0,92$; $ES=0,06$) submaks 2 ($p=0,58$; $ES=0,41$) submaks 3 ($p=0,58$; $ES=0,35$) eller ved alle submaks slått sammen ($p=0,87$; $ES=0,09$). Det var ingen signifikant endring innad i noen av gruppene på noen av de submaksimale belastningene hver for seg eller alle submaksimale belastningene slått sammen.



Figur 4.6: Endring i laktatverdier i løping på tredemølle fra pre- til posttest i LG og SG. Data er gjennomsnitt og feilmarkører er standardavvik. 1 (submaks 1), 2 (submaks 2), 3 (submaks 3).

5 Diskusjon

Formålet med studien var å se om et økt andel rulleskitrening, og da spesielt staketrening vil påvirke prestasjonen i skøyting, staking og løping, $VO_{2\text{-maks}}$ og oksygenkostnad. SG hadde et forhold i antall timer mellom løping og rulleski på 35/65 % mot det planlagte forholdet på 22/78 %, LG hadde et forhold på 52/48 % noe som var identisk med planlagt fordeling. SG reduserte tid brukt på rulleskitest signifikant med 6,3 % i forhold til LG, det ble imidlertid ikke funnet noen forskjell i endring mellom gruppene i staking eller løping.

5.1 Endring i prestasjon

Reduksjonen på 8,5 % i rulleskitesten i SG er noe lavere enn Terzis et al. (2005) og vesentlig høyere enn i Losnegard et al. (2013). Terzis et al. (2005) fant en 10 % reduksjon i tid brukt på en staketest etter en 20 ukers intervensjon med 1,5 time staketrening på 75-90 % av maks HF, 3 ganger per uke. Deltakerne var på tilsvarende alder og nivå som deltakerne i vår studie. Mangelen på kontrollgruppe gjør det derimot vanskelig å konkludere med at resultatet kom som en følge av intervensjonen alene. Losnegard et al. (2013) fant en reduksjon på 4 % i tid brukt på 1000 m dobbeldans på rulleskimølle, i samme tidsrom som vår studie (juni-august). Testene ble gjennomført på eldre eliteløpere. Det kan antas at løperne i vår studie hadde et større ubenyttet potensiale enn deltakerne i Losnegard et al studie, noe som kan være med på å forklare forskjellen i endring i prestasjon mellom denne og vår studie. Andelen rulleskitrening plasserer seg i siktet mellom de to gruppene i vår studie (49 %), mens intensitetsfordelingen er tilnærmet lik. SG hadde betydelig mer rulleskitrening enn LG, både i antall treningstimer og i prosentvis fordeling av treningen. SG trente også mer enn LG i totalt antall timer. Hvorvidt forskjellen i endring mellom SG og LG i rulleskitesten kom som en følge av mer spesifikk trening eller av større treningsvolum totalt er vanskelig å fastslå. Ser man på utendørs løpstest kan det se ut til at det er en kombinasjon. Selv om det ikke var en signifikant forskjell i endring mellom gruppene i utendørs løpstest, så var det en liten effektstørrelse i fordel SG ($ES=0,42$). Dette kan muligens tyde på at SG fikk bedre adaptasjoner av et større treningsvolum, da det ikke var noen forskjell i antall treningstimer i løp. LG fikk tilnærmet lik prosentvis fremgang i utendørs løpstest og rulleskitest, mens SG fikk en større fremgang på rulleskitesten enn på løpstesten. Med tanke på det store bidraget fra overkroppsmuskulaturen i skøyting og da spesielt dobbeldans (Sandbakk et al., 2015) som hovedsakelig ble brukt på rulleskitesten, kan resultatene muligens indikere en gunstig

adaptasjon i overkroppen i SG. Det var også en god sammenheng mellom endring i $VO_{2\text{-maks}}$ løp og endring i prestasjon på rulleski. Det var ingen forskjell i endring av $VO_{2\text{-maks}}$ løp mellom gruppene, men det var en liten effektstørrelse ($ES=0,35$) i fordel SG, noe som kan være med på å forklare forskjellen i endring på rulleskitesten. Det var ingen signifikant endring i noen av gruppene i TTU løping, sannsynligvis på grunn av store individuelle forskjeller indikert av et stort konfidensintervall.

Hvis SG fikk bedre adaptasjoner i overkroppen enn LG, så skulle man tro at det gav utslag i effektproduksjon på stakeergometeret. Selv om SG tenderte til høyere effekt etter intervensjonen og LG forble uendret så var det ingen signifikant forskjell i endring mellom gruppene. Nilsson et al. (2004) fant en fremgang på 16 % i effekt på 6 minutters test etter 6 uker spesifikk staketrening på stakeergometer. Kontrollgruppen fikk ingen fremgang. Det kan tenkes at teknikken som brukes i et stakeergometer avviker noe fra teknikken som brukes ved staking på rulleski, noe som kan være med på å forklare at det ikke ble noen signifikant forskjell i endring mellom gruppene eller innad i gruppene i vår studie.

5.2 Maksimalt oksygenopptak

Deltakernes $VO_{2\text{-maks}}$ løp (≈ 67 ml/kg x min) var meget høyt med tanke på deres alder og andelen jenter. Det er på samme nivå som Sandbakk et al. (2011) og litt høyere enn McGawley et al. (2014). Begge disse er studier gjort på juniorlangrennsløpere på høyt nivå. Verdiene er dermed sammenlignbare med andre utøvere på høyt nivå og samme alder.

Begge gruppene økte signifikant de relative verdiene på $VO_{2\text{-maks}}$ løp, men det utgjorde kun ubetydelige til små effektstørrelser. Derimot fikk ingen av gruppene en signifikant endring i $VO_{2\text{-maks}}$ staking. Den ubetydelige økningen i $VO_{2\text{-maks}}$ løp kan komme av et høyt utgangspunkt og det faktum at deltakerne gjennomførte et stort volum av LIT og et lavt volum av HIT, samt store individuelle forskjeller indikert av et stort konfidensintervall. Ofte får allerede godt trente utøvere en større økning i $VO_{2\text{-maks}}$ etter perioder med mye HIT sammenlignet med perioder med mye LIT (Laursen & Jenkins, 2002; Londeree, 1997). Det er også naturlig at man ser mindre endringer i oksygenopptaket hos godt trente utøvere sammenlignet med sedate og moderat trente, da de sannsynligvis har utnyttet mer av sitt potensial.

Endringene i $VO_{2\text{-maks}}$ løp er større hos begge gruppene i vår studie, sammenlignet med kontrollgruppen i Sandbakk et al. (2011), og i samme siktet som intervallgruppen i nevnte studie. Intervallgruppen i sistnevnte studie trente med en større andel HIT og et lavere totalt treningsvolum enn i vår studie. Kontrollgruppen i Sandbakk et al. (2011) trente imidlertid tilnærmet likt som i vår studie hva angår intensitetsfordeling, men med et mindre totalt treningsvolum. Treningsperioden var også 3 uker kortere enn i vår studie. En annen forskjell på de to studiene er at vår studie startet i starten av juni, mens Sandbakks studie begynte i august, etter å ha gjennomført en 8-ukers grunntreningsintervensjon. Deltakerne i vår studie var i starten av sesongforberedelsesperioden og muligens på et lavere nivå, noe som kan være med på å forklare en økning lik intervensjonsgruppen i Sandbakks studie. Treningsdagbøker fra perioden før intervensjonen ble imidlertid ikke samlet inn.

Ved pretest målte deltakerne $\approx 15\%$ lavere i $VO_{2\text{-maks}}$ staking enn i $VO_{2\text{-maks}}$ løp, noe som er lavt sammenlignet med tidligere studier (8-16 %) (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). Den lave $VO_{2\text{-maks}}$ staking i forhold til $VO_{2\text{-maks}}$ løp kan trolig ses i sammenheng med at overkroppsmuskulatur tidligere er vist å ha en lavere kapasitet til å ta opp og forbruke oksygen i forhold til beinmuskulaturen. Denne teorien støttes av studier som har sett på oksygenopptak isolert i armer og bein (Calbet et al., 2005; Rud et al., 2014). Ved posttest var $VO_{2\text{-maks}}$ staking uendret fra pretest og derfor var det heller ingen økning i forhold til $VO_{2\text{-maks}}$ løp i noen av gruppene. Det kan tenkes at det ikke var tilstrekkelig treningsvolum på overkroppen, eller at det ikke var en tilstrekkelig intensitet på den spesifikke overkroppstreningen til å stimulere adaptasjon. Nilsson et al. (2004) fikk deltakerne en 4 % økning av $VO_{2\text{-maks}}$ staking etter 6 uker med staketrening på stakeergometer. De gjennomførte 6-8 intervaller á 3 min på 85 % av gjennomsnittlig produsert effekt på en 6 minutters test, 3 ganger per uke. Det kan derfor spekuleres i om den store fremgangen i deres studie kan komme av den høye intensiteten på staketreningen. Bojsen-Moller et al. (2010) fant at man brukte noe forskjellig muskulatur på lavintensiv staking kontra høyintensiv staking, noe som igjen er med på å underbygge at det kreves en høy intensitet for å øke oksygenopptaket i staking. Det kan også tenkes at teknikken som benyttes ved staking i et stakeergometer er noe forskjellig fra staking på rulleski. En forskjell i teknisk utførelse av staking har blitt observert mellom staking på stakeergometer og staking på rulleski og snø (Bojsen-Moller et al., 2010). Spesifisitet i treningen kan derfor være med på

å forklare økningen i $VO_{2\text{-maks}}$ steking i studien til Nilsson et al. (2004). Og muligens utilstrekkelig spesifisitet kan forklare den manglende fremgangen i vår studie.

5.3 Oksygenkostnad

Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell i endring mellom gruppene i oksygenkostnad på noen av belastningene på stakeergometeret. Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell i endring mellom gruppene i stakefrekvens eller syklustid på de submaksimale belastningene. Som tidligere nevnt kan det være en forskjell i teknikken brukt på stakeergometer og teknikken brukt på utendørs steking, noe som muligens kan forklare at en redusert oksygenkostnad uteble. Nilsson et al. (2004) fant en reduksjon i oksygenkostnad på 7 % på en submaksimal belastning. Deltakerne i deres studie trente tre ganger i uken på stakeergometeret og kan ha optimalisert teknikken på stakeergometeret gjennom intervensjonsperioden. Det ble spekulert i om den økte makseffekten (+17 %) deltakerne fikk etter intervensjonen gjorde at deltakerne gjennomførte stavgangene på submaks med en lavere relativ effekt, og dermed kunne øke bidraget fra MHC 1-fibre og redusere andelen MHC 2-fibre, noe som kan være med på å gjøre arbeidet mer økonomisk. Vi gjennomførte ingen test av makseffekt i vår studie. Med en lavere andel intensiv trening og uten spesifikk trening på stakeergometeret kan det antas at deltakerne i vår studie ikke nådde samme makseffekt som intervensjonsgruppen i Nilssons studie. Dette støttes av deres egen kontrollgruppe som ikke endret makseffekt (+1 %). Losnegard et al. (2013) studerte sesongvariasjon hos elitelangrensløpere og fant en reduksjon i oksygenkostnad på 3 %, fra juni til oktober. Her ble den spesifikke treningen og testene utført på rulleski, noe som kan være med på å forklare hvorfor de fant en redusert oksygenkostnad. At deltakerne hadde en lengre treningsperiode i Losnegard et al.s studie er en annen ting som kan være med å forklare hvorfor de fikk en forbedring, de fant nemlig ingen signifikant reduksjon i oksygenkostnad fra juni til august. Kanskje man kunne sett en reduksjon i oksygenkostnad hvis vi hadde gjennomført en lengre intervensjon.

Det var ingen signifikant forskjell i endring mellom gruppene i oksygenkostnad på noen av belastningene på tredemølle. Foruten at LG fikk en signifikant reduksjon på laveste belastning mens SG fikk en tendens til reduksjon var det ingen signifikant endring innad i gruppene på de andre belastningene. I en oversiktsartikkel på arbeidsøkonomi i løping, rapporteres det at høyintensiv intervalltrening, plyometrisk trening og høydetrening kan påvirke

arbeidsøkonomien (Foster & Lucia, 2007). I en annen oversiktsartikkel fant de at arbeidsøkonomien kunne forbedres gjennom høyintensiv intervalltrening tilsvarende 93-106 % av $VO_{2\text{-maks}}$ eller som en følge av kontinuerlig løping på en hastighet som fører til akkumulering av laktat. Deltakerne i vår studie gjennomførte et stort volum av LIT og et lavt volum av HIT. De bedrev heller ikke høydetrening eller plyometrisk trening på beinmuskulaturen under intervensjonsperioden. Man kan dermed spekulere i om den ubetydelige endringen i oksygenkostnaden i løping i vår studie, kan relateres til fravær av trening som er vist å bedre arbeidsøkonomien. Foster et al. (2008) konkluderer med at selv om man kan se treningsinduserte endringer av arbeidsøkonomien, så kommer de største endringene hos de dårligst trente utøverne. Det spekuleres i om utøvere som har trent i mange år har blitt mer økonomisk gjennom årene og hentet ut mesteparten av sitt potensiale. Deltakerne i vår studie var alle godt trente og har bedrevet løpetrening i mange år. Det kan kanskje tenkes at de dermed har lite rom for forbedring av arbeidsøkonomien i løping. Testen på arbeidsøkonomi ble gjennomført på 10,5 % helling, en helling deltakerne trolig benytter seg lite av. Deltakerne rapporterer også å løpe mye i skog og mark så den lave andelen tredemølltrening kan også være med på å forklare den ubetydelige endringen i arbeidsøkonomi.

5.4 Begrensninger ved studien

Det kunne med fordel vært en tettere oppfølging av deltakerne underveis i treningsintervensjonen for å sørge for at deltakerne trente som avtalt. Det ble ikke samlet inn treningsdata fra perioden før intervensjonen, noe vi kunne gjort for å sammenligne den mot intervensjonsperioden. Ideelt sett hadde vi gjennomført mer tilvenning, samt flere og mer omfattende tester. Vi prøvde imidlertid å ikke implementere for mange tester, for å unngå at deltakerne gikk lei og mistet fokus. Studien kunne gjerne vart lenger for å se på eventuelle langtidseffekter av økt spesifikk trening. Eventuelt testet deltakerne noen uker etter treningsregimet for å se om effekten av treningen hadde en latenstid. Staketestene kunne med fordel blitt gjennomført på rulleskimølle for å unngå en eventuell forskjell i teknikk fra rulleski til stakeergometer. Men grunnet mangel på rulleskimølle på Geilo lot det seg ikke gjøre. Et stort frafall av deltakere underveis i studien gjør at studien mister statistisk styrke.

6 Konklusjon

En større andel rulleskitrening og en større mengde total kondisjonstrening førte til redusert tid brukt på rulleskitest i SG sammenlignet med LG. Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell i endring mellom de to gruppene i løping eller staking. Begge gruppene fikk et økt $VO_{2\text{-maks}}\text{løp}$ (ml/kg x min), mens ingen av gruppene fikk økt $VO_{2\text{-maks}}\text{staking}$.

På bakgrunn av denne studien kan det anbefales at juniorlangrennsløpere øker andelen rulleskitrening på bekostning av løping i tidlig sesongforberedelsesperiode.

Referanser

- Ainegren, M., Carlsson, P., Tinnsten, M., & Laaksonen, M. S. (2013). Skiing economy and efficiency in recreational and elite cross-country skiers. *J Strength Cond Res*, 27(5), 1239-1252. doi: 10.1519/JSC.0b013e31824f206c
- Bassett, D. R., Jr., & Howley, E. T. (1997). Maximal oxygen uptake: "classical" versus "contemporary" viewpoints. *Med Sci Sports Exerc*, 29(5), 591-603.
- Bassett, 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.
- Bjorklund, G., Holmberg, H. C., & Stoggl, T. (2015). The effects of prior high intensity double poling on subsequent diagonal stride skiing characteristics. *Springerplus*, 4, 40. doi: 10.1186/s40064-015-0796-y
- Bojsen-Moller, J., Losnegard, T., Kemppainen, J., Viljanen, T., Kalliokoski, K. K., & Hallen, J. (2010). Muscle use during double poling evaluated by positron emission tomography. *J Appl Physiol (1985)*, 109(6), 1895-1903. doi: 10.1152/jappphysiol.00671.2010
- Calbet, J. A., Holmberg, H. C., Rosdahl, H., van Hall, G., Jensen-Urstad, M., & Saltin, B. (2005). Why do arms extract less oxygen than legs during exercise? *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 289(5), R1448-1458. doi: 10.1152/ajpregu.00824.2004
- Conley, D. L., & Krahenbuhl, G. S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 12(5), 357-360.
- 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.
- Fitts, R. H. (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev*, 74(1), 49-94.
- Foss, O., & Hallen, J. (2005). Validity and stability of a computerized metabolic system with mixing chamber. *Int J Sports Med*, 26(7), 569-575. doi: 10.1055/s-2004-821317
- Foster, C., & Lucia, A. (2007). Running economy : the forgotten factor in elite performance. *Sports Med*, 37(4-5), 316-319.
- G. Smith, B. K. a. V. J. Effectiveness of ski and pole forces in ski skating
- Gopfert, C., Holmberg, H. C., Stoggl, T., Muller, E., & Lindinger, S. J. (2013). Biomechanical characteristics and speed adaptation during kick double poling on roller skis in elite cross-country skiers. *Sports Biomech*, 12(2), 154-174. doi: 10.1080/14763141.2012.749939

- Hallén, J. (2002). *Fysiologisk adaptasjon til utholdenhetstrening*. Oslo.
- 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, H. C., Lindinger, S., Stoggl, T., Eitzlmair, E., & Muller, E. (2005). Biomechanical analysis of double poling in elite cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, *37*(5), 807-818.
- Holmberg, H. C., Rosdahl, H., & Svedenhag, 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), 437-444. doi: 10.1111/j.1600-0838.2006.00592.x
- 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.
- Hopkins, W. G. (2002). A scale of magnitudes for effect statistics. A new view of statistics. *Sportscience*. Retrieved from
- 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. doi: 10.1080/02640419208729906
- Joyner, M. J. (1991). Modeling: optimal marathon performance on the basis of physiological factors. *J Appl Physiol (1985)*, *70*(2), 683-687.
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol*, *586*(1), 35-44. doi: 10.1113/jphysiol.2007.143834
- Kvamme, B., Jakobsen, V., Hetland, S., & Smith, G. (2005). Ski skating technique and physiological responses across slopes and speeds. *Eur J Appl Physiol*, *95*(2-3), 205-212. doi: 10.1007/s00421-005-1332-5
- LaFontaine, T. P., Londeree, B. R., & Spath, W. K. (1981). The maximal steady state versus selected running events. *Med Sci Sports Exerc*, *13*(3), 190-193.
- LaRoche, D. P., Amann, M., & Rundell, K. W. (2010). Grade influences blood lactate kinetics during cross-country skiing. *J Strength Cond Res*, *24*(1), 120-127. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181c3b429
- Laursen, P. B., & Jenkins, D. G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med*, *32*(1), 53-73.
- Lindinger, S. J., Stoggl, T., Muller, E., & Holmberg, H. C. (2009). Control of speed during the double poling technique performed by elite cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, *41*(1), 210-220. doi: 10.1249/MSS.0b013e318184f436

- Londeree, B. R. (1997). Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 29(6), 837-843.
- Losnegard, T. (2013). *Physiological determinants of performance in modern elite cross-country skiing*. (PhD PhD), Oslo.
- Losnegard, T., & Hallen, J. (2014). Elite cross-country skiers do not reach their running VO₂max during roller ski skating. *J Sports Med Phys Fitness*, 54(4), 389-393.
- Losnegard, T., Myklebust, H., & Hallen, J. (2012). No differences in O₂-cost between V1 and V2 skating techniques during treadmill roller skiing at moderate to steep inclines. *J Strength Cond Res*, 26(5), 1340-1347. doi: 10.1519/JSC.0b013e318231a69e
- Losnegard, T., Myklebust, H., Spencer, M., & Hallen, J. (2013). Seasonal variations in VO₂max, O₂-cost, O₂-deficit, and performance in elite cross-country skiers. *J Strength Cond Res*, 27(7), 1780-1790. doi: 10.1519/JSC.0b013e31827368f6
- Losnegard, T., Schafer, D., & Hallen, J. (2014). Exercise economy in skiing and running. *Front Physiol*, 5, 5. doi: 10.3389/fphys.2014.00005
- Lucia, A., Hoyos, J., Perez, M., & Chicharro, J. L. (2000). Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc*, 32(10), 1777-1782.
- Lundgren, K. M., Karlsen, T., Sandbakk, O., James, P. E., & Tjonna, A. E. (2015). Sport Specific Physiological Adaptations in Highly Endurance Trained Athletes. *Med Sci Sports Exerc*. doi: 10.1249/mss.0000000000000634
- Mahood, N. V., Kenefick, R. W., Kertzer, R., & Quinn, T. J. (2001). Physiological determinants of cross-country ski racing performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33(8), 1379-1384.
- McGawley, K., & Holmberg, H. C. (2014). Aerobic and anaerobic contributions to energy production among junior male and female cross-country skiers during diagonal skiing. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(1), 32-40. doi: 10.1123/ijsp.2013-0239
- Millet, G. P., Boissiere, D., & Candau, R. (2003). Energy cost of different skating techniques in cross-country skiing. *J Sports Sci*, 21(1), 3-11.
- Millet, G. Y., Perrey, S., Candau, R., & Rouillon, J. D. (2002). Relationships between aerobic energy cost, performance and kinematic parameters in roller ski skating. *Int J Sports Med*, 23(3), 191-195. doi: 10.1055/s-2002-23178
- Nilsson, J., Holmberg, H.-C., 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. doi: 10.1007/s00421-004-1042-4

- Pellegrini, B., Bortolan, L., & Schena, F. (2011). Poling force analysis in diagonal stride at different grades in cross country skiers. *Scand J Med Sci Sports*, 21(4), 589-597. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01071.x
- Perrault, H. (2006). Efficiency of movement in health and chronic disease. *Clin Invest Med*, 29(2), 117-121.
- Popov, D. V., & Vinogradova, O. L. (2012). Comparison of aerobic performance of leg and arm muscles in cross country skiers. *Fiziol Cheloveka*, 38(5), 67-72.
- Rietjens, G. J., Kuipers, H., Kester, A. D., & Keizer, H. A. (2001). Validation of a computerized metabolic measurement system (Oxycon-Pro) during low and high intensity exercise. *Int J Sports Med*, 22(4), 291-294. doi: 10.1055/s-2001-14342
- Rud, B., Secher, N. H., Nilsson, J., Smith, G., & Hallen, J. (2014). Metabolic and mechanical involvement of arms and legs in simulated double pole skiing. *Scand J Med Sci Sports*, 24(6), 913-919. doi: 10.1111/sms.12133
- Sandbakk, O., Ettema, G., & Holmberg, H. C. (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. doi: 10.1111/j.1600-0838.2012.01482.x
- Sandbakk, O., & Holmberg, H. C. (2014). A reappraisal of success factors for Olympic cross-country skiing. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(1), 117-121. doi: 10.1123/ijspp.2013-0373
- Sandbakk, O., Holmberg, H. C., 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), 473-481. doi: 10.1007/s00421-010-1372-3
- Sandbakk, O., Leirdal, S., & Ettema, G. (2015). The physiological and biomechanical differences between double poling and G3 skating in world class cross-country skiers. *Eur J Appl Physiol*, 115(3), 483-487. doi: 10.1007/s00421-014-3039-y
- Sandbakk, O., Welde, B., & Holmberg, H. C. (2011). Endurance training and sprint performance in elite junior cross-country skiers. *J Strength Cond Res*, 25(5), 1299-1305. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d82d11
- Sassi, A., Impellizzeri, F. M., Morelli, A., Menaspa, P., & Rampinini, E. (2008). Seasonal changes in aerobic fitness indices in elite cyclists. *Appl Physiol Nutr Metab*, 33(4), 735-742. doi: 10.1139/h08-046
- Seiler, K. S., & Kjerland, G. O. (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.

- Stoggl, T., Bjorklund, G., & Holmberg, H. C. (2013). Biomechanical determinants of oxygen extraction during cross-country skiing. *Scand J Med Sci Sports*, 23(1), e9-20. doi: 10.1111/sms.12004
- Stoggl, T., Lindinger, S., & Muller, E. (2007). Evaluation of an upper-body strength test for the cross-country skiing sprint. *Med Sci Sports Exerc*, 39(7), 1160-1169. doi: 10.1249/mss.0b013e3180537201
- Stromme, S. B., Ingjer, F., & Meen, H. D. (1977). Assessment of maximal aerobic power in specifically trained athletes. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 42(6), 833-837.
- Svendsen, I. S., Gleeson, M., Haugen, T. A., & Tonnessen, 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
- Tonnessen, E., Sylta, O., Haugen, T. A., Hem, E., Svendsen, I. S., & Seiler, S. (2014). The road to gold: training and peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. *PLoS One*, 9(7), e101796. doi: 10.1371/journal.pone.0101796
- Zapico, A. G., Calderon, F. J., Benito, P. J., Gonzalez, C. B., 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), 191-196.

Tabelloversikt

| | |
|--|----|
| Tabell 3.1: Karakteristikker for Stakegruppen (n=6) og Løpegruppen (n=6) ved pretest..... | 14 |
| Tabell 4.1: Treningstimer per uke gjennom intervensjonsperioden fordelt på intensitetssoner for løpegruppen (LG) og stakegruppe (SG)..... | 23 |
| Tabell 4.2: Treningstimer per uke gjennom intervensjonsperioden fordelt på bevegelsesformer for løpegruppen (LG) og stakegruppen (SG). Ski er rulleski og ski slått sammen..... | 23 |

Figuroversikt

| | |
|--|----|
| Figur 2.1: Forholdet mellom $VO_{2\text{-maks}}$ løp og $VO_{2\text{-maks}}$ staking i syv forskjellige studier. Den lange heltrukne linjen illustrerer et 1:1 forhold mellom $VO_{2\text{-maks}}$ løp og $VO_{2\text{-maks}}$ staking. Den korte heltrukne linjen illustrerer en "line of identity" for de åtte studiene..... | 8 |
| Figur 3.1: Produsert effekt på tilvennings- og pretest..... | 16 |
| Figur 3.2: Illustrasjon av protokollen som ble brukt under staketesten (gutter)..... | 17 |
| Figur 3.3: Illustrasjon av stakeergometeret som ble brukt til testing i studien..... | 18 |
| Figur 3.4: Illustrasjon av protokollen som ble brukt under løpetesten. Her er det tatt utgangspunkt i en deltaker som startet den submaksimale testen på 7,5 km/t og gjennomførte 3 submaksimale belastninger..... | 19 |
| Figur 3.5: Den planlagte fordelingen av utholdenhetstrening mellom løp og rulleski for LG og SG..... | 21 |
| Figur 4.1: Prosentvis endring i prestasjon på løp ute, tid til utmattelse (TTU), rulleski ute og stakeergometer fra pre- til posttest i løpegruppen (LG) og stakegruppen (SG). Data er gjennomsnitt og feilmarkører er 95 % konfidensintervall. * signifikant forskjell fra pretest ($p<0,05$). # tendens til forskjell fra pretest ($p<0,1$). Δ signifikant større endring fra pre- til porttest i SG sammenlignet med LG ($p<0,05$)..... | 24 |
| Figur 4.2: Prosentvis endring i oksygenopptak gejnigitt i absolutte verdier (L/min) og relatvie verdier (ml/kg x min) i løping og staking, i LG og SG. Data er gjennomsnitt og feilmarkører er 95 % konfidensintervall. * signifikant forskjell fra pretest ($p<0,05$). # tendens til forskjell fra pretest ($p<0,1$)..... | 25 |

Figur 4.3: Endring i utnyttelsesgraden av $VO_{2\text{-maks}}$ i løp på staketesten (løp/staking), pre og post for LG og SG. Data er gjennomsnitt og feilmarkører er standardavvik.....26

Figur 4.4: Prosentvis endring i oksygenkostnad (L/min) i løping på tredemølle og i staking på stakeergometer, fra pre- til posttest i løpegruppen (LG) og stakegruppen (SG). Data er gjennomsnitt og feilmarkører er 95 % konfidensintervall.....27

Figur 4.5: Endring i stakefrekvens på stakeergometeret på de forskjellige submaksdragene. Data er gjennomsnitt og feilmarkører er standardavvik. 1 (submaks 1), 2 (submaks 2), 3 (submaks 3).....28

Figur 4.6: Endring i laktatverdier i løping på tredemølle fra pre- til posttest i LG og SG. Data er gjennomsnitt og feilmarkører er standardavvik. 1 (submaks 1), 2 (submaks 2), 3 (submaks 3).....29

Forkortelser

| | |
|------------------------------|--|
| SG | Stakegruppen |
| LG | Løpegruppen |
| VO ₂ -maksløp | Det høyeste oksygenopptaket målt under løping |
| VO ₂ -maksstaking | Det høyeste oksygenopptaket målt under staking |
| TTU | Tid til utmattelsestest |
| LIT | Lavintensiv trening (55-82 % av maks HF) |
| MIT | Middelsintensiv trening (82-87 % av maks HF) |
| HIT | Høyintensiv trening (87-100 % av maksimal HF) |