

Steffen Nerbråten Jevne

Effekten av muskulær utholdenhetstrening på prestasjon i langenn

- En 6 ukers intervensjonsstudie

Masteroppgave i idrettsvitenskap

Seksjon for fysisk prestasjonsevne
Norges idrettshøgskole, 2016

Sammendrag

Formål: Formålet med studien var å undersøke effekten av muskulær utholdenhetstrening på 1000 m stakereprestasjon direkte etter et 50 min submaksimalt arbeid på rulleskimølle hos godt trente langrennsløpere, og om treningsmetoden var mere effektiv en økt varighet av løpeintervalltrening med hensyn til stakereprestasjon.

Metode: Tjuefire godt trente langrennsløper (31 ± 4 år, 181 ± 8 cm, 77 ± 9 kg, 64 ± 5 ml · kg⁻¹ · min⁻¹) ble rekruttert og fordelt til en kombinert muskulær utholdenhet- og løpeintervallgruppe (MUT; kvinner=2, menn=9) og en løpeintervallgruppe (INT; kvinner=2, menn=9). Intervensjonsperioden varte 6 uker på høsten, og treningsprogrammene skulle trenes to ganger i uken ved å erstatte lignende trening for å holde det totale treningsvolumet og belastningen lik før og under treningsintervensjonen. Det totale treningsvolumet under treningsintervensjonen var 8 ± 4 og 6 ± 2 t per uke for henholdsvis MUT og INT. Før pretest ble det gjennomført grundig tilvenning i testøvelsen stående staking m/benk og på rulleskimølle. Testøvelsene i stående staking m/benk var én repetisjon maksimum (1RM) og muskulær utholdenhet ved 55 % av 1RM til utmattelse. Stakeprotokollen ble gjennomført som 50 min submaksimalt arbeid med tre ulike individuelt tilpassede hastigheter. Avslutningsvis ble det gjennomført en 1000 m prestasjonstest med målinger av høyeste oksygen (O₂)- opptak (VO_{2-peak}) i staking, maksimal hjerterefrekvens (HF_{-peak}), subjektiv følelse av anstrengelse (RPE), utnyttingsgrad (% av VO_{2-peak}), estimering av anaerob kapasitet og prestasjon oppgitt som sekunder (s) over distansen (m). I tillegg ble det målt VO_{2-maks} i løping.

Resultater: Muskulær utholdenhet målt til utmattelse, og maksimal styrke målt som én repetisjon maksimum, økte med henholdsvis moderat og ubetydelig forskjell hos MUT sammenlignet med INT (muskulær utholdenhet: 23 ± 22 %; $p < 0,05$; effektstørrelse (ES): 0,98. 1RM: 4 ± 4 %; $p < 0,01$; ES: 0,17). 1000 m-tiden ble redusert hos MUT, men ikke hos INT sammenlignet med pretestverdiene. Det var en tenderende, men liten forskjell mellom gruppene (4 ± 5 %; $p < 0,1$; ES: -0,22). Ingen endring ble observert i hverken VO_{2-peak} staking eller VO_{2-maks} løping hos MUT eller INT.

Konklusjon: Muskulær utholdenhet og 1RM økte hos MUT sammenlignet med INT. MUT hadde en tenderende større forbedring i 1000 m tid sammenlignet med INT etter et langvarig submaksimalt arbeid. Det var ingen endring i VO_{2-peak} staking for hverken MUT eller INT.

Forkortelser

Forkortelse	Beskrivelse
FP	Forsøksperson
GE	Gross efficiency (mekanisk effektivitet)
HF _{peak}	Høyeste målte hjertefrekvens
HIT	Høyintensiv intervalltrening
INT	Intervalltrening
La ⁻	Laktat
LT	Laktatterskel
MUT	Kombinert muskulær utholdenhet- og intervalltrening
O ₂	Oksygen
RM	Repetisjon maksimum
TT	Time trial
TTU	Tid til utmattelse
VO ₂	Oksygenopptak
VO _{2-maks}	Maksimalt oksygenopptak
VO _{2-peak}	Høyeste målte oksygenopptak i staking
W	Watt (joule · s ⁻¹)
Σ	Akkumulert

Forord

Innlevering av masteroppgave betyr slutten på en svært innholdsrik og givende periode ved Norges Idrettshøgskole. I den forbindelse er det mange dyktige og kunnskapsrike personer som fortjener heder og ære for sin involvering i prosjektet.

Først og fremst vil jeg rette en stor takk til min hovedveileder, Thomas Losnegard. Prosjektet og oppgaven ville ikke blitt til det den er i dag, uten din faglige kompetanse og ditt store engasjement. Takk for alle gode ideer og kritiske innspill i planleggingsprosessen, under gjennomføringen av prosjektet og skriveprosessen. Din hjelp har vært uvurderlig.

En stor takk vil jeg også rette til min biveileder, Bjarne Rud. Dine konstruktive innspill og tilbakemeldinger, samt gode ideer har vært til stor hjelp i både planlegging og gjennomføring av prosjektet. Takk også for gode og konstruktive innspill under skriveprosessen.

En stor takk rettes til min dyktige prosjektmedarbeider, Jørgen Børve. Vi har stått sammen i tykt og tynt, tidlig og seint, helt siden bachelorstudiet i Bergen. Din seriøsitet, målrettethet og gode samarbeidsevne har gjort gjennomføringen av prosjektet mye enklere.

Takk til Øyvind Skattebo, for god hjelp samt gode innspill og diskusjoner underveis i prosessen. Din kunnskap og gode rådgivning har vært til stor nytte.

Takk til Svein Lærstein for opplæring i laboratorietesting, og Vidar Jakobsen for hjelp med produksjon av pigger til prosjektet.

Tusen takk til alle forsøkspersoner som tok seg tid til å delta i prosjektet. Uten dere hadde det ikke blitt noe å skrive hjem om. Håper dere sitter igjen med nye erfaringer og ny kunnskap, lykke til med videre trening.

Mange takk til Benita Tjørn som tok seg bryderiet med korrekturlesing av oppgaven, og din mann Espen Tobiasson, som flittig prøvokanin under utarbeidelse av stakeprotokollen.

Til slutt vil jeg takke min kjære samboer Sandra for å ha vist utholdelig tålmodighet, forståelse og uvurderlig støtte gjennom prosessen.

Steffen Nerbråten Jevne

Oslo, mai 2016

Innhold

1. Innledning	9
1.1 Problemstilling.....	9
2. Teori	11
2.1 Hva bestemmer prestasjonen i utholdenhetsidretter?	11
2.1.1 Maksimalt oksygenopptak.....	12
2.1.2 Anaerob kapasitet.....	12
2.1.3 Utnyttelsesgrad og laktatterskel	13
2.1.4 Arbeidsøkonomi	14
2.2 Prestasjon etter et langvarig submaksimalt arbeid.....	15
2.3 Karakteristikk ved langrenn.....	17
2.3.1 Muskelbruk i staking	18
2.4 Aerob utholdenhetstrening	19
2.4.1 Aerob intervalltrening	20
2.5 Muskulær utholdenhetstrening.....	21
2.5.1 Adaptasjoner og mekanismer ved muskulær utholdenhetstrening	22
2.5.2 Effekten av muskulær utholdenhetstrening på maksimal kraftproduksjon	22
2.5.3 Muskulær utholdenhet og relativ styrke ved submaksimalt arbeid	23
2.5.4 Effekten av muskulær utholdenhetstrening på utholdenhetsprestasjon.....	24
3. Metode	25
3.1 Forsøkspersoner	25
3.2 Eksperimentelt design.....	26
3.3 Utstyr	27
3.4 Trening	27
3.5 Testprosedyrer.....	29
3.5.1 Tilvenning	29
3.5.2 Maksimalt oksygenopptak løping.....	30
3.5.3 Omkrets overarm.....	31
3.5.4 1RM- og muskulær utholdenhetstest.....	31
3.5.5 Stakeprotokoll	33
3.6 Statistisk metode.....	35

4. Resultater	37
4.1 Trening	37
4.2 Muskulær utholdenhet og 1RM i stående staking m/benk	38
4.3 Omkrets av overarm og kroppsvekt	38
4.4 1000 meter stakeprestasjon	39
4.5 Maksimalt oksygenopptak	40
4.6 Estimert ΣO_2 -krav og ΣVO_2 under 1000 meter stakeprestasjon	41
4.7 Sammenhenger	42
4.7.1 Muskulær utholdenhet, 1RM og 1000 meter stakeprestasjon	42
4.7.2 $VO_{2\text{-peak}}$ staking og 1000 meter stakeprestasjon	43
5. Diskusjon	45
5.1 Trening	45
5.2 Muskulær utholdenhetstrening	46
5.2.1 Utholdende styrke	46
5.2.2 Maksimal styrke, kroppsvekt og armomkrets	48
5.2.3 Sammenheng mellom muskulær utholdenhet og prestasjon	49
5.3 1000 meter stakeprestasjon	50
5.3.1 Pacing og utnyttelsesgrad	52
5.3.2 Høyeste oksygenopptak staking	53
5.3.3 Aerobt og anaerobt energibidrag	55
5.4 Maksimalt oksygenopptak løping	57
5.5 Begrensninger ved studien	58
5.6 Praktiske anbefalinger	59
6. Konklusjon	61
Referanser	62
Tabelloversikt	74
Figuroversikt	75
Vedlegg	77

1. Innledning

Høyhastighetsteknikken staking har hatt stor betydning for utviklingen av dagens klassiske konkurranselangrenn (Holmberg, Lindinger, Stöggl, Eitzlmair, & Müller, 2005). Dette kan ses i sammenheng med flere fellesstarter, forbedret skiutstyr, bedre løypepreparering, nye løpsdistanser og forandringer i løypeprofiler. Som en konsekvens av økt gjennomsnittshastighet i verdenscupen de siste tiårene (Losnegard, 2013), har arbeidskravene endret seg i retning av mer bruk av staking i klassiske langrennskonkurranser, samt større fokus på spesifikk styrke- og utholdenhetstrening av overkroppsmuskulaturen (Holmberg, 2005; Stöggl, Lindinger, & Müller, 2007; S. Østerås et al., 2016). Det er funnet høy korrelasjon mellom kraftutvikling i overkroppen og stakeprestasjon av ulike varigheter i stakeergometer og på rulleski (Losnegard, Mikkelsen, Ronnestad, et al., 2011; Skattebo, Hallén, Rønnestad, & Losnegard, 2015; Stöggl et al., 2007). Det er likevel knyttet uenigheter til hvilken addert treningsmetode kombinert med et allerede høyt volum av utholdenhetstrening, som best fremmer prestasjonsbestemmende faktorer i staking (Hoff, Helgerud, & Wisløff, 1999; Losnegard, Mikkelsen, Rønnestad, et al., 2011; Mikkola, Rusko, Nummela, Paavolainen, & Häkkinen, 2007; Skattebo et al., 2015).

Effekten av muskulær utholdenhetstrening på stakeprestasjon er uklar. Treningsmetoden har imidlertid vist å kunne gi gunstige adaptasjoner og bedret utholdenhetsprestasjon (Campos et al., 2002; Mikkola et al., 2011). Kun én studie har undersøkt dens effekt på langrennsprestasjon, men dessverre med uklare funn (Welde, 2006). Med bakgrunn i mangelfull informasjon om effekten av muskulær utholdenhetstrening på utholdenhetsprestasjon i langrenn, er det nødvendig å klargjøre dette.

Formålet med studien var derfor å undersøke effekten av stakespesifikk muskulær utholdenhetstrening på stakeprestasjon hos godt trente langrennsløpere. Det spesifikke formålet var å undersøke dens effekt på 1000 m prestasjon direkte etter et 50 min submaksimalt arbeid.

1.1 Problemstilling

Hva er effekten av 6 uker muskulær utholdenhetstrening på 1000 meter stakeprestasjon etter et langvarig arbeid?

2. Teori

2.1 Hva bestemmer prestasjonen i utholdenhetsidretter?

For å utføre et arbeid trenger musklene energi i form av næringsstoffer, der all form for fysisk aktivitet avhenger av muskelcellenes evne til å omforme kjemisk energi til mekanisk arbeid. I fysiologien skiller vi mellom aerob og anaerob energifrigjøring, hvor prestasjon i utholdenhetsidretter er svært avhengig av begge energiformene som til sammen danner den totale energiomsetningen i arbeid. Hvor stort bidraget er av de ulike energifrigjøringsformene, avhenger av intensitet og varighet i arbeid (Gastin, 2001)

Den gjennomsnittlige hastigheten over en gitt distanse er i hovedsak gitt ved total energiomsetning og av mekanisk effektivitet. Den totale energiomsetningen under en gitt varighet påvirkes av muskelens maksimale evne til å ta opp og omsette oksygen (O_2) ($VO_{2\text{-maks}}$) ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), samt den relative andelen av $VO_{2\text{-maks}}$ som utnyttes og opprettholdes over en gitt varighet eller distanse (Bassett & Howley, 2000). Utnyttelsesgrad over en gitt distanse kan uttrykkes som akkumulert (Σ) oksygenforbruket (VO_2) under prestasjon, delt på $\Sigma VO_{2\text{-maks}}$.

$$\text{Utnyttelsesgrad (\%)} = \frac{\Sigma VO_2 \text{ prestasjon}}{\Sigma VO_{2\text{-maks}}}$$

Den anaerobe energiomsetningen kan estimeres ved å beregne forholdet mellom ΣO_2 -krav og ΣVO_2 , som gir ΣO_2 -underskudd ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1}$), og kan presenteres som et estimat av anaerob kapasitet over en gitt varighet eller distanse (Medbø et al., 1988; Noordhof, Skiba, & de Koning, 2013). De nevnte variablene over O_2 -kostnaden benyttet i bevegelsesformen vil angi hvor stor den totale energiomsetningen er ved en gitt hastighet under prestasjonen i en konkurranse situasjon (Losnegard, 2013). Hastigheten kan dermed uttrykkes som:

$$\text{Hastighet} = \frac{(\text{VO}_{2\text{-maks}} \cdot \text{utnyttelsesgrad}) + \Sigma O_2\text{-underskudd}}{O_2\text{-kostnad}}$$

2.1.1 Maksimalt oksygenoptak

$VO_{2\text{-maks}}$ er den maksimale mengde O_2 som tas opp og omsette per tidsenhet, og viser til kroppens øvre grense for aerob energiomsetning (Jones & Carter, 2000; Saltin & Strange, 1992). $VO_{2\text{-maks}}$ kan defineres ved Fick's ligning:

$$VO_{2\text{-maks}} = MV_{\text{-maks}} \cdot a\text{-v } O_2\text{-diff}_{\text{-maks}}$$

Produktet av det maksimale minuttvolumet (hjerterefrekvens x slagvolum) ($MV_{\text{-maks}}$) og differansen i blodets oksygeninnhold i arterie og vene ($a\text{-v } O_2\text{diff}_{\text{-maks}}$) bestemmes av mengden oksygen som tilbys skjelettmusklene, og dens evne til å ta opp og omsette oksygenet. $VO_{2\text{-maks}}$ bestemmes derfor av både sentrale og perifere faktorer. Sentrale faktor bestemmer hvor mye O_2 den arbeidende muskulatur får tildelt, og bestemmes av lungenes diffusjonskapasitet, hjertets minuttvolum, blodvolum og hemoglobinkonsentrasjonen i blodet. Perifere faktorer viser til musklens evne til å ta opp og omsette oksygenet som tilbys av de sentrale faktorene. Disse faktorene bestemmes av mitokondrietetthet, konsentrasjon av aerobe enzymer, kapillæretetthet og det totale muskelvolum som er involvert i arbeidet (Bassett & Howley, 2000). Det er generelt akseptert at hjertets minuttvolum og sentralsirkulatoriske faktorer som i størst grad begrenser $VO_{2\text{-maks}}$ blant friske individer ved helkroppsarbeid (Saltin, 1988).

$VO_{2\text{-maks}}$ har lenge blitt brukt som en predikatoer ved prestasjoner i utholdenhetsidretter, og det er funnet god sammenheng mellom $VO_{2\text{-maks}}$ og prestasjon i øvelser hvor aerob energiomsetning er dominerende i hetrogene grupper (Bassett & Howley, 1997; Saltin & Åstrand, 1967). Med utgangspunkt i treningstilstanden, er det rapportert i ulike studier at trening som fremmer økt $VO_{2\text{-maks}}$ forbedrer utholdenhetsprestasjon hos godt trente (Laursen, Shing, Peake, Coombes, & Jenkins, 2002; Sandbakk, Sandbakk, Ettema, & Welde, 2013), moderat trente (Tjønnå et al., 2013) og utrente individer (Garcia-Hermoso et al., 2016). Økt $VO_{2\text{-maks}}$ etter en periode med trening avhenger av flere faktorer, som blant annet treningsstatus, varigheten til treningsprogrammet, intensiteten treningen gjennomføres på og hvor hyppig treningen gjøres (Wenger & Bell, 1986). Trening som fremmer økt $VO_{2\text{-maks}}$ og/eller utholdenhetsprestasjon, beskrives nærmere i kap. 2.4.2 *Aerob intervalltrening*.

2.1.2 Anaerob kapasitet

Anaerob kapasitet kan defineres som den maksimale mengden ATP resyntetisert via anaerob metabolisme, gjennom et spesifikt maksimalt arbeid over en kort periode (Green & Dawson, 1993). I motsetning til aerob energiomsetning, skjer den anaerob energifrigjøring ved

nedbrytningen av kreatinfosfat (CrP) og adenosin- trifosfat (ATP), og ved spalting av glukose til laktat (La^-) uten forbruk av O_2 i cytoplasma (Coffey & Hawley, 2006). O_2 -underskuddet vi har frem til VO_2 når O_2 -kravet ved en gitt belastning, vil være dekket av energibidraget de anaerobe energikildene danner i den totale energiomsetningen (Jones & Poole, 2005; Åstrand, Rodahl, & Strømme, 2003).

De anaerobe energireservene kan deles inn i to komponenter som til sammen omtales som den anaerobe kapasiteten. Nedbrytningen av høyenergifosfatet CrP og ATP omtales som den alaktiske komponenten, mens den glykolytiske produksjonen av ATP ved dannelse av La^- omtales som den laktiske komponenten (di Prampero, 1981). Viktigheten av de nevnte metabolske komponentene avhenger av intensitet, varighet og muskelvolum involvert i arbeidet. Den alaktiske komponenten er funnet til å være viktig ved maksimal kraftproduksjon mellom 5 – 15 s, og den laktiske komponenten anses som viktigere ettersom varigheten av det maksimale arbeidet øker i tidsomfang (Bangsbo et al., 1990; Green & Dawson, 1993). Ved maksimalt arbeid på 3 min er det rapportert at den alaktiske og laktiske komponenten utgjør henholdsvis 20 og 80 % av den totale anaerobe kapasiteten (Bangsbo et al., 1990).

2.1.3 Utnyttelsesgrad og laktatterskel

I utholdenhetsidretter kreves det en høy $\text{VO}_{2\text{-maks}}$ for å hevde seg, men det er ikke bestemt at utøveren med høyest $\text{VO}_{2\text{-maks}}$ presterer best (Losnegard, 2013). Årsaken er at det er flere variabler som påvirker prestasjon (Bassett & Howley, 2000; Conley & Krahenbuhl, 1980). Evnen til å opprettholde en høy prosentandel av $\text{VO}_{2\text{-maks}}$ gjennom et arbeid av en gitt varighet eller distanse, også kalt utnyttelsesgrad, er viktig for utholdenhetsprestasjonen og oppgis i prosent (%) av $\text{VO}_{2\text{-maks}}$ (Åstrand et al., 2003). Variasjonen mellom enkeltindivid kan forklares ved at utøvere med samme eller lavere $\text{VO}_{2\text{-maks}}$ kan kompensere ved å benytte en høyere prosentandel av $\text{VO}_{2\text{-maks}}$ for å oppnå samme eller høyere relative VO_2 gjennom en gitt konkurransesituasjon (Larsen, 2003). Siden en arbeidsbelastning tilsvarende $\text{VO}_{2\text{-maks}}$ kun kan opprettholdes i ca. ~6–10 min, vil økende konkurransevarigheten gradvis redusere utnyttelsesgraden (Bosquet, Leger, & Legros, 2002), men også påvirke prestasjon ved økende konkurransevarighet (Davies & Thompson, 1979). Mekanismene bak utnyttelsesgrad er lite kjent, og det er antydnet at mekanismen tar lang tid å forbedre.

Laktatterskel (LT) kan defineres som den høyeste belastningen med likevekt mellom produksjon og eliminasjon av laktat (La^-) (Faude, Kindermann, & Meyer, 2009). Det er påvist en sterk sammenheng mellom LT og utnyttelsesgrad (Costill, Thomason, & Roberts, 1973),

og derfor brukes ofte LT som et mål på utnyttelsesgrad. En høyere fart ved LT i en spesifikk teknikk er derfor sterkt relatert til prestasjonen i utholdenhetsidretter. Arbeidsbelastninger over LT medfører akkumulering av La^- i blodbanen, og akkumulering av innorganisk fosfat (P_i), La^- , hydrogenprotoner (H^+) og adenosin difosfat (ADP) i muskelvevet (Joyner & Coyle, 2008; Sahlin, 1992). En høyreforskyvning av La^- brytningspunkt ved fysiske tester med trinnvis økende hastigheter kan indikere bedret utholdenhet ved en konstant arbeidsbelastning, hvilket er avgjørende i en konkurransesituasjon (Bassett & Howley, 2000; Faude et al., 2009).

2.1.4 Arbeidsøkonomi

Arbeidsøkonomi kan defineres som VO_2 eller mengden energi som kreves ved en absolutt arbeidsbelastning over en gitt distanse (Bassett & Howley, 2000; di Prampero, 2003), og beregnes ved ulike metoder (Losnegard, 2013; Sandbakk, Ettema, Leirdal, Jakobsen, & Holmberg, 2011). Forbedret arbeidsøkonomi kan vurderes gjennom beregning av O_2 -kostnaden som absolutt VO_2 ved en gitt ytre arbeidsbelastning, eller ved beregning av mekanisk effektivitet (GE) hvor det ytre arbeidet som utføres blir sett i forhold til den indre energiproduksjonen (Bassett & Howley, 2000; Sandbakk, Ettema, et al., 2011). Det kan derfor kritiseres at metoden som beregner arbeidsøkonomi basert på O_2 -kostnad, ikke tar hensyn til den anaerobe energiproduksjonen i et arbeid (Losnegard, 2013). Siden arbeidsøkonomi kan være forskjellig mellom utøvere og utholdenhetsidretter, vil det også være individuelle krav i hvor mye O_2 som benyttes i et gitt arbeid (Joyner & Coyle, 2008).

Ved arbeid under La^- terskel vil O_2 -kostnad være et direkte mål på arbeidsøkonomi, men dette må ses i sammenheng med validiteten i VO_2 -målingene. Det er velkjent at VO_2 stiger hurtig i starten av en konstant arbeidsbelastning under La^- terskel, men det er først etter ~ 3 min ved en moderat eller stor hastighetsøkning at det skjer en stabilisering av VO_2 , også kalt «steady-state» (Bassett & Howley, 2000; Whipp & Wasserman, 1972). Ved ytre arbeidsbelastninger over LT er det derimot vist at korrelasjonene mellom O_2 -kostnad og arbeidsbelastning svekkes (Noordhof, de Koning, & Foster, 2010). I følge Jones et al. (2011) forsinkes VO_2 ved hastigheter over LT og over en tidsperiode, avhengig av arbeidsbelastning, stiger VO_2 uten å stabilisere seg. Denne stigningen av VO_2 kalles « VO_2 slow component», og kan relateres til muskulær tretthet som oppstår over tid ved arbeidsbelastninger over LT (Jones et al., 2011; Poole, Barstow, Gaesser, Willis, & Whipp, 1994).

Det eksisterer individuelle forskjeller i arbeidsøkonomi og utholdenhetsprestasjon til tross for likheter i $VO_{2\text{-maks}}$ blant godt trente utøvere (Jones & Carter, 2000; Larsen & Sheel, 2015). Det er også dokumentert at godt trente utøvere har lavere O_2 -kostnad og høyere mekanisk effektivitet på samme submaksimale arbeidsbelastning enn mindre trente utøver (Losnegard, Schäfer, & Hallén, 2014; Sandbakk, Holmberg, Leirdal, & Ettema, 2011). Forbedret arbeidsøkonomi kan også forklares ved andre faktorer som effektivisering av den tekniske utførelsen av bevegelsesformen, som påvirkes av styrke, elastiske komponenter, bevegelighet og effektivisering av bevegelsesmønster (Åstrand et al., 2003).

2.2 Prestasjon etter et langvarig submaksimalt arbeid

Arbeidsintensitet og varighet er negativt relatert til hverandre ved et dynamisk arbeid (Sahlin, 1992). Ved kontinuerlig arbeid oppstår det tretthet i organismen som begrenser muskelens evne til å utføre et bestemt arbeid, og kan defineres som muskelens manglende evne til å opprettholde en bestemt eller forventet kraft som fører til svekket prestasjonsevne i en gitt situasjon (Edwards, 1981). Gjennom kontinuerlig arbeid tilsvarende 60–80 % av $VO_{2\text{-maks}}$ er det dokumentert at tretthet oppstår som følge av fall i glykogeninnholdet i den arbeidende muskel (Sahlin, Tonkonogi, & Söderlund, 1998). Dette har vist å føre til redusert muskel glykolyse, økt glukose opptak, økt proteindegradering og begrenset aktivering av et nødvendig antall motoriske enheter som resulterer i mindre kraftutvikling og svekket prestasjonsevne, tradisjonelt omtalt som perifer tretthet (Hargreaves, 2004).

Ved arbeidsintensiteter over LT øker også energibidraget av de anaerobe prosessene gjennom akkumulering av metabolitter som La^- og H^+ (Bangsbo, 2015). Prestasjonstester viser at varighet har stor betydning for hvor stor andel det aerobe energibidraget er i forhold til det totale energibidraget, og det antydes at det aerobe energibidraget spiller en viktigere rolle ved maksimalt arbeid ≥ 75 s (Spencer & Gustin, 2001). Prestasjonstester i løping og sykling ved varighet fra 200–300 s har vist å representere en «80 %–20 %» fordeling mellom henholdsvis aerobt og anaerobt energibidrag (Gustin, 2001). Det er også dokumentert at $VO_{2\text{-maks}}$ er den viktigste predikatoren på prestasjon gjennom prestasjonstester som overstiger 4 min grunnet et større aerobt energibidrag (Iaia et al., 2011). Det er likevel uklart hvor stort det anaerobe energibidraget er gjennom et høyintensivt arbeid etter et langvarig submaksimalt arbeid, og i hvor stor grad ulike tretthetsmekanismer påvirker fordelingen av det totale energibidraget.

Sprinttester i uthvilt tilstand har rapportert om ΣO_2 -underskudd på ($\sim 60 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$), noe som utgjorde $\sim 26 \%$ av den totale energiomsetningen ved $\sim 170 \text{ s}$ utmattelsestest i skøyting. Studien viste også at sprintprestasjon korrelerte bedre med anaerobt energibidrag sammenlignet med $VO_{2\text{-maks}}$ og O_2 -kostnad blant mannlige elite langrennsløpere (Losnegard, 2013; Losnegard et al., 2012). En annen studie på stakereprestasjon over 187 s rapporterte om et anaerobt energibidrag på ca $\sim 22 \%$, som korrelerte med prestasjon blant kvinner, men ikke menn (McGawley & Holmberg, 2014). Det er likevel dokumentert at anaerob kapasitet, normalisert for aktiv muskelmasse, er større hos menn sammenlignet med kvinner (Weber & Schneider, 2000). Det er også rapportert en forskjell i anaerob kapasitet mellom sprint- og distanse elitelangrennsløpere gjennom 1000 m maksimalt arbeid, hvor sprintspecialister hadde høyere ΣO_2 -underskudd sammenlignet med distanseløpere (Losnegard & Hallén, 2014). Dette underbygger viktigheten av anaerob kapasitet i sprintlangrenn sammenlignet med distanselangrenn.

Det er tilsynelatende godt dokumentert hva som er prestasjonsbestemmende ved maksimalt arbeid i uthvilt tilstand, men det er mer uklart hva som skjer med organismen gjennom et høyintensivt arbeid direkte etter et langvarig submaksimalt arbeid. Dette kan ha med metodiske utfordringer å gjøre, siden det er vanskelig å imitere en eksakt konkurranselik situasjon gjennom laboratorietesting (Rønnestad, Hansen, & Raastad, 2011). Siden tretthet forbindes med fall i kraftproduksjon og dette kan påvirke hastigheten under et langvarig arbeid, kan «pacing strategi» være en variabel som påvirker prestasjon (Abbiss & Laursen, 2008). I følge Hettinga, De Koning, Broersen, Van Geffen, og Foster (2006) er pacing strategi definert som variasjonen av fart over prestasjonsforløpet gjennom regulering av hastighet bestemt av energiforbruket. En tidligere studie demonstrert viktigheten av tilvenning i testen som gjøres, nettopp for å optimalisere pacing strategien mot en bestemt prestasjonstest (Foster et al., 2009). Hvilken pacing strategi som benyttes i konkurranse avhenger av varighet og konkurranseform (Abbiss & Laursen, 2008; Losnegard, Kjeldsen, & Skattebo, 2016).

Studier som har undersøkt effekten av styrketrening på utholdenhetsprestasjon over $8\text{--}12$ uker har også undersøkt prestasjonsbestemmende faktorer direkte etter et langvarig submaksimalt arbeid. Skattebo (2014) undersøkte effekten av arbeidsøkonomi over 25 min ved submaksimale belastninger tilsvarende $\sim 60 \%$, $\sim 70 \%$ og $\sim 80 \%$ av $VO_{2\text{-maks}}$, med en påfølgende 3 min prestasjonstest i stakereometer blant veldig godt trente kvinnelige langrennsløpere på juniornivå. Rønnestad et al. (2011) undersøkte gjennomsnittlig effektproduksjon over en 5 min time-trial (TT) test direkte etter et 180 min submaksimalt

arbeid med en belastning gjennomført på 44 % av maksimal wattproduksjon ($W_{\text{-maks}}$) i sykkelergometer hos 18 mannlige og 2 kvinnelige syklister. En annen sykkelstudie undersøkte gjennomsnittlig kraftproduksjon og utnyttingsgraden av $VO_{2\text{-maks}}$ gjennom en 40 min TT test hos godt trente kvinnelige syklister (Vikmoen et al., 2016).

Rønnestad et al. (2011) fant forbedret gjennomsnittlig kraftproduksjon (W) i styrketreningsgruppen sammenlignet med kontrollgruppen, mens Vikmoen et al. (2016) ikke fant noen forskjell i gjennomsnittlig kraftproduksjon mellom styrke- og kontrollgruppen, men økt utnyttelsesgrad av $VO_{2\text{-maks}}$. Skattebo (2014) fant hverken forskjeller i effektproduksjon, maksimal anaerob effekt eller økt $VO_{2\text{-peak}}$ staking mellom stryketreningsgruppen og kontrollgruppen.

2.3 Karakteristikk ved langrenn

Langrenn er en kompleks og sammensatt idrett bestående av to hovedteknikker; klassisk- og fristil. Det er stor variasjon i de ulike konkurranse distansene i World Cup (WC) (1,8–50 km), og langløp (24–90km), og stiller dermed ulike krav til fysiologiske egenskaper (Losnegard & Hallén, 2014). Langrennsløpere i verdenstoppen er kjent for å ha et meget høyt treningsvolum uavhengig av konkurranse disiplin (Losnegard, Myklebust, Spencer, & Hallén, 2013; Sandbakk et al., 2016). En studie med internasjonale langrennsløpere og skiskyttere viste at $94 \pm 3\%$ av treningen ble gjennomført som aerob utholdenhetstrening og resterende som styrke- og sprinttrening (Tønnessen et al., 2014). Av dette er $\sim 90\%$ av treningen gjennomført som lavintensiv trening ($54 - 73\% HF_{\text{maks}}$), og $\sim 10\%$ som høyintensiv trening ($>73\% HF_{\text{maks}}$) (Holmberg, 2015; Tønnessen et al., 2014).

Distanselangrenn stiller store krav til $VO_{2\text{-maks}}$. Flere studier har rapportert om relative $VO_{2\text{-maks}}$ verdier opp mot 80 og 90 $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ hos kvinnelige og mannlige langrennsløpere (Ingjer, 1991; Losnegard, 2013; Sandbakk et al., 2016; Sandbakk, Welde, & Holmberg, 2011; Tønnessen et al., 2014). $VO_{2\text{-maks}}$ løping har vist å være noe høyere sammenlignet med staking hos elitelangrennsløpere ($\sim 8-14\%$) (Holmberg, Rosdahl, & Svedenhag, 2007; Losnegard et al., 2014), men noe lavere sammenlignet med diagonalgangen ($\sim 2-4\%$) (Holmberg et al., 2007; Strømme, Ingjer, & Meen, 1977). Korrelasjonsanalyser har funnet høy (Mygind, Larsson, & Klausen, 1991) til veldig høy (Rundell & Bacharach, 1995) korrelasjon mellom $VO_{2\text{-peak}}$ staking og $VO_{2\text{-maks}}$ løping blant distanselangrennsløpere, men det er ikke nødvendigvis utøveren med høyest $VO_{2\text{-maks}}$ som presterer best i langrenn (Losnegard, 2013)

Innføring av flere fellesstarter samt kun fellesstarter i langløp har medført økt fokus på maksimal styrke, anaerob kapasitet og maksimal anaerob effekt (Losnegard, 2013; Sandbakk & Holmberg, 2014; Stöggl et al., 2007). Det er funnet veldig høy korrelasjon ($r = 0,70-0,81$) i overkropp muskulaturens evne til å generere høy kraft/effekt og prestasjon i staking (20 s–5 min) i uthvilt tilstand (Losnegard, Mikkelsen, Rønnestad, et al., 2011; Skattebo et al., 2015; S. Østerås et al., 2016), samt høy korrelasjon ($r = 0,65$) i en 3 min sprinttest etter 25 min submaksimalt arbeid (Skattebo et al., 2015). Det er likevel knyttet uenigheter til hvilken addert treningsmetode kombinert med et allerede høyt volum av utholdenhetstrening, som best fremmer prestasjonsbestemmende faktorer i staking (Hoff, Helgerud, & Wisløff, 1999; Losnegard, Mikkelsen, Rønnestad, et al., 2011; Mikkola, Rusko, Nummela, Paavolainen, & Häkkinen, 2007; Skattebo et al., 2015).

2.3.1 Muskelbruk i staking

Evnen til å genere kraft gjennom overkroppsmuskulaturen er viktig i staking, men dette avhenger også av aktivering av muskulatur i underekstremitetene (Holmberg, Lindinger, Stöggl, Björklund, & Müller, 2006). Bojsen-Møller et al. (2010) fant at overkroppsmuskulaturen var den primære ekstremiteten som skaper kraftproduksjon i staking ved lav arbeidsintensitet (53 % av VO_{2-peak}), mens ved økende intensitet (74 % av VO_{2-peak}) øker også involvering av muskulatur rundt hofte- og kneledd, samt ryggsoylen. Økt aktivering av underekstremitetene ved høyere arbeidsbelastning i staking har vist å føre til hevet tyngdepunkt av massevekten i vertikal retning, som igjen tilfører et større energipotensiale i kroppen gjennom økt vertikal kraft og økt reaksjonskraft mellom stavpiggene og underlaget (Björklund, Holmberg, & Stöggl, 2015; Rud, Secher, Nilsson, Smith, & Hallén, 2014). Muskulær tretthet gjennom stegvis økende hastighet til utmattelse i staking har vist å oppstå som følge av økt blod La^- konsentrasjon i armmuskulatur og gjennom økende muskulær tretthet i latissimus dorsi og teres major (Zoppirolli, Pellegrini, Bortolan, & Schena, 2016).

Rud et al. (2014) undersøkte energiomsetning og blodstrøm i arm- og beinmuskulatur gjennom A-V- O_2 - differanse ved arbeidsbelastningene tilsvarende ~54 og ~76 % av VO_{2-peak} i staking. Ved lav arbeidsintensitet (~54 % VO_{2-peak}) var den aerobe energiomsetningen lik mellom over- og underekstremitetene, mens det ved økende arbeidsintensitet medførte høyere økning i VO_2 i beina (53 %) sammenlignet med armene (20 %). Dette indikerer at armene har en lavere evne til å ta opp og omsette tilført O_2 sammenlignet med beina når arbeidsintensiteten øker i staking, og at armmuskulaturen ved lave og moderate submaksimale belastninger i staking jobber på en allerede høy belastning (Calbet et al., 2004; Rud et al.,

2014). Hvorfor beina klarer å omsette en større mengde O₂ sammenlignet med armene er noe uklart, men dette kan ha sammenheng med forskjeller i diffusjonstid- og areal (Calbet et al., 2005). O₂-ekstraksjon og gjennomsnittlig blodgjennomstrømning i arbeidende muskulatur er funnet til å være høyere hos veldig godt trente sammenlignet med mindre trente ved moderat- og høyintensivt helkroppsarbeid (Volianitis, Yoshiga, Nissen, & Secher, 2004).

I langrenn brukes overkroppen i stor grad til å skape fremdrift sammenlignet med løping og sykling. Studier har vist at kjønnsdifferansen i prestasjon blir større ettersom involveringen av overkroppen øker (Hegge et al., 2015; Sandbakk, Ettema, & Holmberg, 2014). Det er kjent at menn har større overkroppsstyrke sammenlignet med kvinner (Gaskill, Serfass, & Rundell, 1999), noe som kan sees i sammenheng med prosentvis mer muskelmasse og dermed et større potensiale til å skape større kraft (Janssen, Heymsfield, Wang, & Ross, 2000). I staking, skøyting og diagonalgange er det dokumentert at menn oppnår henholdsvis ~20 %, ~17 % og ~14 % høyere topphastighet, men noe mindre differanse i løping (~12 %) sammenlignet med kvinner gjennom en trappetrinnsprotokoll til utmattelse (Sandbakk et al., 2014).

2.4 Aerob utholdenhetstrening

Aerob utholdenhet kan defineres som trening der den aerobe metabolismen har et større bidrag enn den anaerobe metabolismen, og trenes både som kontinuerlig- eller intervallarbeid (Billat, 2001). Treningstilpasninger ved aerob trening med formål å forbedre utholdenhetsprestasjon avhenger av blant annet intensitet, frekvens, varighet og bevegelsesform i treningsarbeidet (Esteve-Lanao, Foster, Seiler, & Lucia, 2007; Wenger & Bell, 1986), og fører til en rekke tilpasninger i ventilasjons-, sirkulasjons- og det nevro-muskelære systemet som kan resultere i forbedret VO₂-maks, VO₂ ved LT og O₂-transport fra atmosfæreluft til mitokondriene (Jones & Carter, 2000).

Treningstilstand, treningsbakgrunn, genetiske forutsetninger, alder og kjønn er alle avgjørende faktorer for hvordan treningsresponsen påvirker utviklingen av den aerobe utholdenheten (Calbet & Joyner, 2010; Pate & Kriska, 1984; Seiler, De Koning, & Foster, 2007). Dette er dokumentert ved store individuelle forskjeller ved ulik respons av standardiserte treningsøkter (Bouchard & Rankinen, 2001).

2.4.1 Aerob intervalltrening

Åstrand og Rodahl har reist følgende problemstilling «Det er et viktig men uløst spørsmål tilknyttet hvilken treningsmetode som er mest effektiv med det formål om å: Opprettholde en arbeidsintensitet tilsvarende 90 % av det maksimale oksygenopptaket over 40 min, eller: Bevare en arbeidsintensitet tilsvarende maksimale aerobe kapasitet i 16 min» (Åstrand & Rodahl, 1986). Det finnes utallige studier og treningseksperimenter med påfølgende teorier som har forsøkt å besvare disse spørsmålene.

Intensitet og varighet er faktorer som er med på å bestemme de fysiologiske adaptasjonene ved intervalltrening (Esteve-Lanao et al., 2007; Sandbakk et al., 2013; Seiler, 2010).

Høyintensitets intervalltrening (HIT) kan defineres som korte til lengre (1 min \leq HIT <10 min) repeterte arbeidsperioder med høy arbeidsintensitet (≥ 100 % $VO_{2\text{-maks}}$), og korte supramaksimale (≥ 10 s) repeterte sprint sekvenser, til lengre (≥ 30 s sprinter) intervallperioder til utmattelse (≤ 100 % $VO_{2\text{-maks}}$) med moderate til korte aktive hvileperioder med den hensikt å fjerne La^- , forhindre akkumulert blod La^- og fremme gjenoppbyggelse av oksidative enzymer i skjelettmuskulaturen (Belcastro & Bonen, 1975; Billat, 2001; Buchheit & Laursen, 2013).

Det er antydnet at utholdenhetstrening ved arbeidsintensiteter mellom 90–100 % av $VO_{2\text{-maks}}$ er den mest effektive måten å øke $VO_{2\text{-maks}}$ hos veldig godt trente utholdenhetsutøvere (Engel & Sperlich, 2014; Midgley & Mc Naughton, 2006; Wenger & Bell, 1986). Økt treningsfrekvens med aerob HIT har vist å fremme aerobe karakteristikk og utholdenhetsprestasjon sammenlignet med kontinuerlig utholdenhetstrening (Gaskill, Serfass, Bacharach, & Kelly, 1999; Laursen, 2010; Laursen & Jenkins, 2002; Sandbakk et al., 2013). Hos utrente individer er det derimot vist at treningsintensiteter tilsvarende 40 – 50 % av $VO_{2\text{-maks}}$ er tilstrekkelig for å øke $VO_{2\text{-maks}}$ og utholdenhetsprestasjon (Wenger & Bell, 1986). I en metaanalyse gjennomført av Milanovic, Sporis, og Weston (2015), ble det konkludert med at HIT kun hadde en liten fordelaktig effekt sammenlignet med kontinuerlig utholdenhetstrening blant utrente individer ($1,2 \pm 0,9$ ml \cdot kg⁻¹ \cdot min⁻¹). Dette viser at intensitet og varighet påvirker treningsresponsen forskjellig avhengig av treningstilstand og treningsbakgrunn.

Det er derimot uklart hvordan generell intervalltrening (løping) kombinert med bevegelsesspesifikk muskulær utholdenhetstrening (steking) påvirker fysiologiske adaptasjoner gjennom kombinert trening. Nilsson, Holmberg, Tveit, og Hallén (2004) rapporterte at bevegelsesspesifikk intervalltrening med 180 s intervaller tre ganger i uken over en 6 ukers periode blant godt trente mannlige langrennsløpere ikke forbedret $VO_{2\text{-maks}}$ løping,

men forbedret $VO_{2\text{-peak}}$ staking og gjennomsnittlig kraftproduksjon (W) over 6 min sammenlignet med 20 s intervaller og kontrollgruppe. Dette indikerer at idrettsspesifikk intervalltrening kan føre til bedret $VO_{2\text{-peak}}$ og kraftproduksjon i bevegelsesformen. Det er også rapportert at god utholdenhetstrete løpere har økt det ΣO_2 -underskuddet med ~10 % etter en 6 uker lang intervensjon med intervalltrening (Medbø & Burgers, 1990). Siden overføringsverdien av bevegelsesspesifikk trening antas å ha god effekt på styrke- og utholdenhetsparametre (Nilsson et al., 2004; Raastad, Paulsen, Refnes, Rønnestad, & Wisnes, 2010), og aerob intervalltrening har dokumentert effekt på utholdenhetsprestasjon (Sandbakk et al., 2013; Seiler, Joranson, Olesen, & Hetlelid, 2013), kan det tenkes at en kombinasjon av treningsmetodene også har potensiale til å fremme utholdenhetsprestasjon.

2.5 Muskulær utholdenhetstrening

Skjelettmusklene er bygd opp av heterogen og plastiske vev, sammensatt av ulike typer muskelfibre som muliggjør muskelens evne til å utføre ulike funksjonelle oppgaver. I likhet med andre vev i kroppen er skjelettmuskulaturen i kontinuerlig utvikling (Fleck & Kraemer, 2014). Muskelceller er klassifisert som ulike fibre på grunn av sine ulike morfologiske og fysiologiske forutsetninger, og siden det finnes tre ulike isoformer av "myosin heavy chains" i menneskets skjelettmuskulatur, blir det i utgangspunktet definert tre typer fibre; I, IIA og IIX (Raastad et al., 2010).

«Slow-twitch» type I muskelfibre har størst, og «fast-twitch» type IIX fibre har minst mitokondrie volum og kapillærtetthet, mens «fast-twitch» type IIA fibre og IIX har vist å ha et større potensiale til å vokse i tverrsnitt (hypertrofi), og derfor har et større potensiale i å generer høy kraft og effekt (Brodal, Ingjer, & Hermansen, 1977; Widrick, Trappe, Costill, & Fitts, 1996). Det spekuleres i om skjelettmuskulaturen kan forandre sin fenotypiske profil ved å tilpasse seg ulike arbeidskrav etter hvordan den stimuleres av ytre mekanisk arbeid ved ulike treningsvariabler, som: antall repetisjoner, intensitet, antall sett, arbeidsbelastning og varigheten med hvile mellom settene (Campos et al., 2002; Pette & Staron, 2001; Raastad et al., 2010). Det kan derfor tenkes at det eksisterer et spesifikt forhold mellom det påførte treningsstimuliet og den adaptive responsen i skjelettmuskelen ved ytre mekanisk arbeid (Anderson & Kearney, 1982; Kraemer & Ratamess, 2004). Det er likevel knyttet uklarerheter til hvilken addert form for trening ved siden av utholdenhetstrening som er mest effektiv i å bedre utholdenhetsprestasjon (Hoff et al., 1999; Lawton, Cronin, & McGuigan, 2011;

Losnegard, Mikkelsen, Rønnestad, et al., 2011; Mikkola et al., 2007; Skattebo et al., 2015; Welde, 2006).

Begrepet muskulær utholdenhet brukes ofte i sammenhenger hvor treningsmotstanden er lett til moderat (20 – 60 % av 1RM) og hvor treningsmetoden utføres med mange repetisjoner (<20 RM) og med hyppige pauser (≥ 2 min). Dette er en treningsmetode som ifølge (Raastad et al., 2010) ikke faller innunder styrketreningsbegrepet, fordi den i mindre grad påvirker vår evne til å produsere maksimal kraft, men i stedet fremmer evnen til å opprettholde en gitt submaksimale arbeidsbelastning over en lengre arbeidsperiode. Dette er en treningsmetode som i større grad benyttes ved spesifikk trening rettet mot spesifikke muskelgrupper, og har vist seg å være effektiv ved å øke utholdenheten lokalt i skjelettmuskelen (Campos et al., 2002). Treningsstatus, treningsbakgrunn og kjønn er faktorer som ser ut til å påvirke utviklingen av treningsresponsen (Ebben et al., 2004; Gallagher, DiPietro, Visek, Bancheri, & Miller, 2010; Welde, 2006).

2.5.1 Adaptasjoner og mekanismer ved muskulær utholdenhetstrening

Ved å sammenligne kontinuumet mellom styrke- og utholdenhetstrening har ulike studier undersøkt muskulære adaptasjoner ved muskulær utholdenhetstrening (Anderson & Kearney, 1982; Campos et al., 2002). Dette bestemmes av treningsmetodens metabolske krav, som er et viktig stimuli, og fremmer nødvendige adaptasjoner som utgjør skjelettmuskelens fenotypiske profil. Muskulær utholdenhetstrening antas å fremme adaptasjoner som økt mitokondrie- og kapillærantall, fibertypeoverganger og muskulær bufferkapasitet lokalt i skjelettmuskulaturen (Kraemer et al., 2002). Muskulær utholdenhet (20 – 28 rep) har vist tenderende effekt på økt kapillærtetthet i type IIAX muskelfiber (volumkonsentrasjonen av antall kapillærer per fiber) i m. vastus lateralis hos utrente syklister etter 8 uker med 2–3 økter per uke (Campos et al., 2002). Kapillærtetthet er en viktig faktor ved utholdenhetsprestasjon fordi det øker gassutvekslingen av hormoner og substrater som O_2 , insulin og glukose via blodstrømmen til muskulatur, både i aktivitet og hvile (Gavin, 2009).

2.5.2 Effekten av muskulær utholdenhetstrening på maksimal kraftproduksjon

Evnen til å generere maksimal kraft avhenger av skjelettmuskelens tverrsnittareale, arkitektur, fibertypeoverganger og nevrologiske egenskaper (Folland & Williams, 2007). Funn indikerer at muskulær utholdenhetstrening (20–60 RM) 2–3 ganger per uke har potensiale til å påvirke evnen til å produsere maksimal kraft, men i mindre grad sammenlignet med tung styrke trening (3–12 RM) ved intervensjoner over 8–10 uker hos utrente syklister, roere og

høyskolestudenter (Anderson & Kearney, 1982; Campos et al., 2002; Ebben et al., 2004; Stone & Coulter, 1994). Moderat trente roere (Gallagher et al., 2010), og godt trente roere og løpere av begge kjønn (Ebben et al., 2004; Jackson, Hickey, & Reiser, 2007; Lawton et al., 2011; Mikkola et al., 2011; Sedano, Marin, Cuadrado, & Redondo, 2013), er funnet til å ha mindre effekt av en slik treningsmetode på maksimal kraftproduksjon. Welde (2006) viste at 9 uker med muskulær utholdenhetstrening førte til økt 1RM i overkroppsmuskulatur blant godt trente kvinnelige og mannlig langrennsløpere på juniornivå, men de mannlige utøverne hadde til sammenligning bedre effekt av tung styrketrening (3–7 RM).

Siden muskulær utholdenhetstrening i liten grad medfører økt hypertrofi, kan de bakenforliggende mekanismene ved økt maksimal kraftproduksjon være et resultat av neurologiske adaptasjoner. Dette innebærer økt rekruttering av motoriske enheter, bedret samspill mellom motoriske enheter (synergister, agonister og antagonister) og økt fyringsfrekvens (Folland & Williams, 2007; Sale, 1988). En hypotese av Raastad et al. (2010) s.114 er som følger «... muskelstørrelse trenes best gjennom generelle hovedøvelser, og at evnen nervesystemet har til hensiktsmessig aktivering av alle involverte muskelgrupper, blir best trent gjennom spesifikke øvelser ...». Prinsippet om spesifisitet kan derfor spille en sentral rolle ved muskulær utholdenhetstrening, siden treningsmetoden i liten grad øker muskelstørrelsen.

2.5.3 Muskulær utholdenhet og relativ styrke ved submaksimalt arbeid

Siden muskulær utholdenhetstrening utøves med mange repetisjoner og på lav relativ arbeidsbelastning, er den relativt lik tester som ser på relativ styrke og at adaptasjonene derfor er gunstige. Funn indikerer dette hos utrente individer (Anderson & Kearney, 1982; Campos et al., 2002; Stone & Coulter, 1994). Korrelasjonsanalyser gjennomført på roprestasjon indikerer noe variasjon ($r = 0,68 - 0,25$) i sammenhengen mellom relative styrketester (> 70 % av 1RM) der sluttpunktet av testen er bestemt, eller tester med maksimalt antall repetisjoner til utmattelse, og prestasjon i en bestemt bevegelsesform (Lawton et al., 2011). Det er knyttet usikkerhet til validiteten ved slike tester; både med tanke på antall repetisjoner, varigheten av testen og den repetisjonsfrekvens testen gjennomføres i sammenlignet med en reel prestasjonstest i den bestemte bevegelsesform (Lawton et al., 2011).

2.5.4 Effekten av muskulær utholdenhetstrening på utholdenhetsprestasjon

Mange av studiene som har undersøkt effekten av muskulær utholdenhet har utelatt prestasjonstester. Dette svekker styrken til studien siden ettersom prestasjon må anses som primæreffekten ved trening (Åstrand et al., 2003).

Gallagher et al. (2010) rapporterte om bedret 2000 m roprestasjon (~3,1 %) etter en 8 ukers intervensjon med muskulær utholdenhetstrening, men siden gruppen ikke forbedret seg i forhold til kontrollgruppen blir det vanskelig å antyde den reelle effekten av treningsintervensjonen. Det er også funnet bedret løpsprestasjon som følge av muskulær utholdenhetstrening ved økt tid til utmattelse (TTU) ved trappetrinnsprotokoll (Mikkola et al., 2011), mens Sedano et al. (2013) ikke fant bedret løpsprestasjon ved 3 km løpetest på bane. Campos et al. (2002) fant bedret prestasjon ved TTU hos utrente syklistere ved trappetrinnsprotokoll. Welde (2006) predikerte at prestasjonstest i friteknikk ruller (10 km menn; 7 km kvinner) var forskjellig mellom kjønn, hvor muskulær utholdenhetstrening hadde en predikert effekt hos kvinner.

Ingen studier har rapportert om negativ utvikling i utholdenhetsprestasjon som følge av muskulær utholdenhetstrening i et treningsprogram med et allerede høyt volum av utholdenhetstrening (Gallagher et al., 2010; Mikkola et al., 2011; Sedano et al., 2013; Welde, 2006). Ingen studier har dokumentert signifikant økning av $VO_{2\text{-maks}}$ som følge av muskulær utholdenhetstrening til tross for bedret utholdenhetsprestasjon (Campos et al., 2002; Mikkola et al., 2011; Sedano et al., 2013). Dermed kan det være andre underliggende mekanismer ved muskulær utholdenhetstrening som fører til bedret prestasjon. Studier har vist at muskulær utholdenhetstrening har ført til lavere La^- konsentrasjon ved konstante submaksimale hastigheter og høyere maksimal anaerob hastighet ved løping (Mikkola et al., 2011), samt bedret maksimal aerob effekt hos utrente syklistere (Campos et al., 2002). Likevel er dette noe uklart med tanke på mangel av studier på feltet, hvilket betyr at det er behov for økt oppmerksomhet og forskning rundt dette.

3. Metode

3.1 Forsøkspersoner

Det ble rekruttert 24 godt trente kvinner og menn med langrenns erfaring til prosjektet. Kriterier for deltagelse var alder mellom 20–40 år, nylig ha gjennomført Birkebeinerrennet innen 3:40 og 4:10 (tt: mm) for henholdsvis menn og kvinner, samt bedrive regelmessig stakespesifikk trening utenom langrenns sesongen. Deltakerne ble i hovedsak rekruttert på bakgrunn av en annonse via www.langrenn.com, hvor et detaljert informasjonsskriv til alle som viste interesse ble tilsendt, og de ble gjort kjent med bakgrunn, hensikt, og eventuelle risikoer forbundet med studiet (vedlegg I). Alle forsøkspersonene (FP) ga samtykke til å delta i studiet, der det kommer frem at de når som helst kunne trekke seg uten å oppgi grunn. Regionale komiteer for medisinske og helsefaglig forskningsetikk (REK) avdeling sør-øst, ble informert før prosjektets oppstart (Referansenummer: 2015/983/REK sør-øst A). To av 24 FP måtte trekke seg underveis i studiet på grunn av skade eller personlige omstendigheter som forhindret dem i videre deltakelse (MUT: 1; INT: 1). Frafallene kunne ikke relateres til studiet. Tjueto FP inngår derfor i analyser av dataene. Gruppekarakteristikker fremstilles i tabell 3.1.

Tabell 3.1: Karakteristikker for kombinert intervall- og muskulær utholdenhetsgruppen (MUT; n = 11), og intervallgruppen (INT; n = 11) ved pretest.

Variabel	MUT (snitt ± SD)	INT (snitt ± SD)	Grppesammenligning: kvalitativ vurdering (ES)
Alder (år)	30 ± 4	32 ± 4	Liten (- 0,41)
Vekt (kg)	76 ± 8	78 ± 11	Ubetydelig (- 0,19)
Høyde (cm)	180 ± 7	182 ± 10	Liten (-0,28)
Stavlengde (cm)	152 ± 7	155 ± 9	Liten (-0,35)
VO _{2-peak} staking (ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹)	57,2 ± 6,7	56,0 ± 5,5	Liten (0,40)
VO _{2-maks} løping (ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹)	64,1 ± 5,1	63,2 ± 5,2	Ubetydelig (0,17)
Kjønn	K = 2, M = 9	K = 2, M = 9	-

Gjennomsnitt ± standardavvik. ES: Effektstørrelse (Cohen's d). Terskel av effektverdier <0,2 (ubetydelig), 0,2–0,6 (liten) 0,6–1,2 (moderat) og 1,2–2,0 (stor). K = kvinner. M = menn.

3.2 Eksperimentelt design

Studien ble gjennomført som en randomisert kontrollert intervensjonsstudie, der FP gjennomførte pre- og posttester til en 6 ukers treningsperiode (2x per uke) til øvrig trening. MUT gjennomførte kombinert muskulær utholdenhet- og intervalltrening, mens INT gjennomførte løpeintervalltrening. Testene i studiet bestod av 1RM (én repetisjon maksimum), muskulær utholdenhet (55 % av estimert 1RM) i øvelsen stående staking m/benk, VO₂-maks løpetest og lang stakeprotokoll med en avsluttende 1000 m test på tredemølle. Grundig tilvenning ble gjennomført i alle testøvelser uken før pretest. Pretestingen ble gjennomført over to dager på laboratoriet og styrkerom uken før treningsperioden startet, med 48–72 t mellom hver test for hver enkelt FP.

Testdag 1 ble gjennomført med to forskjellige testprotokoller, hvor VO₂-maks løping, omkrets av overarm, og testing av 1RM og muskulær utholdenhet i stående staking m/benk ble målt. På testdag 2 gjennomførte FP stakeprotokoll på rullskimølle. De samme testlederne og prosedyrene ble benyttet under pre- og posttesting. FP ble informert om at varigheten og intensiteten på treningsøkten dagen før testing ikke skulle overstige 90 min med intensitet >82 % av maksimal hjerterefrekvens. Deltakerne fikk også informasjon om ikke å trene samme dag som testene skulle gjennomføres.

For at data skulle tas med i statistisk analyse, måtte >85 % av den tilførte treningen utføres. Prosjektet startet opp med tilvenning i august, og ble avsluttet med posttest i november. Det eksperimentelle designet fremstilles i tabell 3.2.

Tabell 3.2: Skjematisk oversikt over prosjektets oppbygging.

Tilvenning	x	o											
VO ₂ -maks løping og armomkrets	x	o					x	o					
1 RM -test	x	o					x	o					
Muskulær utholdenhetstest	x	o					x	o					
Staketest	x	o					x	o					
Gruppe 1:			Pre	Treningsperiode						Post			
Gruppe 2:				Pre	Treningsperiode						Post		
Uke:			-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9

RM: repetisjon maksimum. VO₂-maks: maksimalt oksygenopptak. Pre: pretest. Post: posttest.

X: gruppe 1. O: gruppe 2.

3.3 Utstyr

Vekt og høyde ble målt med samme apparat (Seca 876, Seca GbmH, Hamburg, Tyskland) før testing på tredemølle. En tredemølle konstruert for rulleski med beltedimensjon 3 x 4,5 m (Rodby, Södertälje, Sweden), ble benyttet til både VO₂-maks løpetest, samt tilvenning og testprotokoller på rulleski ved pre- og posttest. FP benyttet en sikkerhetssele festet til et tau tilknyttet en sikkerhetsmekanisme som automatisk stoppet møllen ved fall. FP ble filmet i sagitalplan under alle testene på tredemøllen, for selv å kunne studere posisjon via en TV. FP fremre og bakre begrensning på tredemøllen ble anvist med to lasermålere (Black & Decker BDL 120, England) plassert i 90 grader på møllens fartsretning med en avstand på 81 cm. All pulldata under testing på tredemølle ble målt med pulsklokke polar V800 (Polar Electro, Oy, Kempele, Finland), og analysert via programvare (<https://flow.polar.com>, Polar Electron 2016, Finland). Pulsmålinger ble registret med 3 s intervaller.

Både VO₂-maks test, tilvenning og stakeprotokoll benyttet samme ergospirometrisystem (Oxycon Pro, Jeager Instrument, Hoechberg, Tyskland) med miksekammer der ekspirasjonsgassen ble oppgitt som et gjennomsnitt med 30 s intervaller. Systemet er tidligere validert ved bruk av Douglasbag-metoden (Foss & Hallén, 2005), og ble kalibrert i henhold til de anbefalte instruksjonsprosedyrene. Gassanalysatoren ble kalibrert mot romluft og en sertifisert kalibreringsgass (5,9 % CO₂, 14,9 % O₂ og 79,2 % nitrogen; Riessner-Gase GmbH, Lichtenfels, Tyskland). Volummålingene av luftstrøms turbinen (Triple V, Erich Jeager GmbH, Hoechberg, Tyskland) ble kalibrert manuelt med en treliters kalibreringspumpe (CalibrationSyringe, series 5530, Hans Rupolph Inc, Kansas City, Missouri, USA). VO₂-analysatoren er funnet til å ha inntil 3 % målesikkerhet (Bassett & Howley, 2000). Det ble gjennomført valideringstester under intervensjonen for å undersøke variasjonskoeffisienten i måleinstrumentet under intervensjonsperioden (Vedlegg IV).

3.4 Trening

Treningsprogrammet ble trent to ganger i uken over 6 uker (tabell 3.3). For at det totale treningsvolumet ikke skulle øke i intervensjonen, erstattet FP annen høyintensiv trening som intervalltrening med intervensjonstreningen. Det var minimum 48 t mellom hver treningsøkt for å sikre tilstrekkelig restitusjon. Ved sykdomsavbrekk e.l. var det ønskelig at det i ettertid ble oppjustert til tre økter i uken helt til FP var à jour med treningsplanen. MUT gjennomførte alle intervalløkter på tredemølle med trekkapparatet i umiddelbar nærhet, mens INT sto mere

fritt i sin gjennomføring. Skulle INT gjennomføre intervalltreningen ute, ble det anbefalt å løpe i motbakke. Begge grupper hadde fri disposisjon til å benytte styrkerommet på Norges Idrettshøgskole (NIH) under hele intervensjonsperioden. Det var et krav at minst tre økter i løpet av treningsperioden ble gjennomført med en prosjektansvarlig tilstede. Under kontrolløktene ble HF_{peak}, HF_{snitt}, opplevd anstrengelse (RPE) (Borg, 1982) registrert, samt kontroll av teknikk i den muskulære utholdenhetsøvelsen. Treningen til hver enkelt FP ble registrert inntil fire uker før intervensjonen startet, og ukentlig rapportert inn til posttest var gjennomført. Treningsdagboken som ble benyttet under treningsperioden er vist i (Vedlegg III).

Tabell 3.3: Skjematisert fremstilling av intensitet, varighet og treningsfrekvens for treningsgruppene.

Uke	MUT					INT	
	Løpeintervaller		Muskulær utholdenhet			Løpeintervaller	
	Varighet (sett x min)	Intensitet (% av HF _{peak})	Sett	Repetisjoner	Relativ belastning (% av 1RM)	Varighet (sett x min)	Intensitet (% av HF _{peak})
1 - 2	3 x 4 og 2 x 6 min	90 - 95 %	4	30	42,5	6 x 4 og 4 x 6 min	90 - 95 %
3 - 4	3 x 4 og 2 x 6 min	-	4	30	45	6 x 4 og 4 x 6 min	-
5 - 6	3 x 4 og 2 x 6 min	-	4	30	47,5	6 x 4 og 4 x 6 min	-

RM: repetisjon maksimum. HF_{peak}: maksimal hjerterefrekvens. MUT: kombinert intervall- og muskulær utholdenhetstreningsgruppen. INT: Intervalltreningsgruppen

Hver treningsøkt ble innledet med 10 min valgfri oppvarming. Det var ønskelig at stigningsprosenten under intervalløkten skulle være 6° (10,5 %) med tanke på VO₂-maks løpetesten. Intervalltreningen skulle gjennomføres på en arbeidsbelastning tilsvarende 85–90 % av HF_{peak}. Om ikke pulsklokke ble benyttet under intervalltreningen, ble subjektiv dagsform brukt til å regulere hastighet. Det var 3 min standardisert aktiv pause (rolig jogg/rask gange) mellom intervalldragene.

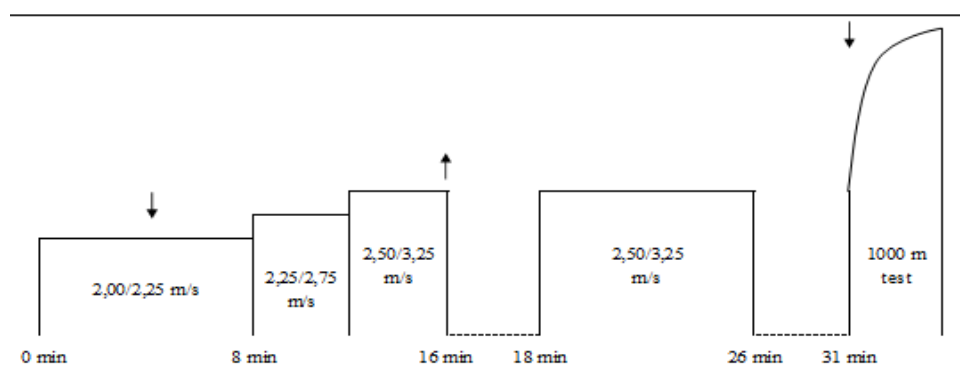
Etter gjennomført intervalløkt skulle MUT gjennomføre muskulær utholdenhetstrening i kabeltrekkapparat, 5 min etter at siste løpeintervall var gjennomført. Muskulær utholdenhetstrening ble gjennomført i øvelsen stående staking m/benk (figur 3.3). Belastning ble beregnet på bakgrunn av 1RM oppnådd ved pretest. Hver repetisjon skulle utføres som en dynamisk stakelignende bevegelse, hvor frekvens og syklustid etter beste evne skulle være lik

gjennom hele settet som ved styrketestene. Pausen mellom settene var 90 s, og totaltiden per økt uavhengig av treningsgruppe var ca.50–55 min inklusiv oppvarming. Samme absolutte motstand (kg) ved muskulær utholdenhetstrening ble justert for gjennom hver 14. dag gjennom 1RM-test for å sikre progresjon og at motstand og RPE var lik gjennom hele treningsperioden.

3.5 Testprosedyrer

3.5.1 Tilvenning

Tilvenningen ble gjennomført i løpet av én dag under to separate økter. Først ble det gjennomført staketilvenningen på tredemølle (3.1), etterfulgt av 1RM- og muskulær utholdenhetstilvenning gjennomført i kabeltrekkapparat (Technogym Cabel Jungel, Gambettola, Italy).

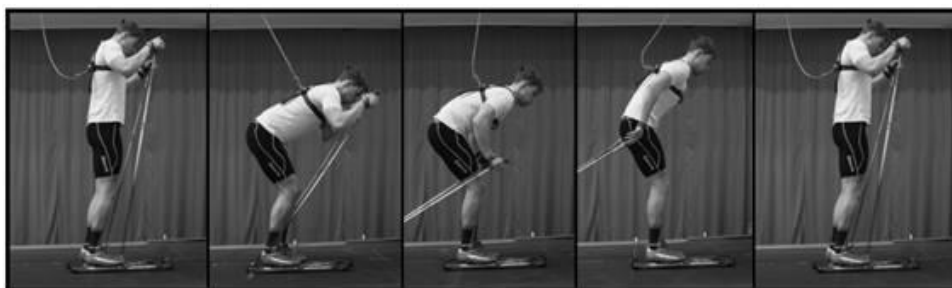


Figur 3.1: Skjematisk oppbygging av tilvenning i staking på tredemølle. Stiplede linjer viser pause. ↓ = munnstykke inn. ↑ = munnstykke ut.

Tilvenningen varte til sammen 31 min + 1000 m stakeprestasjon, hvor det ble gjort lineær ekstrapolering av hastighetene (kvinner: 2,00 – 2,25 – 2,5 m/s; menn: 2.25 – 2.75 – 3.25 m/s) på en stigning tilsvarende 2,5 grader. Dette, for å finne den lineære sammenheng mellom hastighet målt i meter per sekund (m/s) og oksygen (O_2)-kostnad som et estimat på arbeidsintensitet under stakeprotokollene. VO_2 ble målt i 4 min for hver hastighet hvor de 2 siste min av hvert drag ble brukt til estimering av forholdet mellom hastighet og O_2 -kostnad.

Etter 2 min pause med mulighet til væskeinntak og justering av utstyr, skulle den høyeste submaksimale hastigheten holdes i 8 min. Om FP oppfattet hastigheten som for høy eller for lav, ble den ned/opp justert etter ønske. Det var 5 min pause mellom 8 min draget og

gjennomføring av 1000 m stakprestasjon. I pausen skulle FP, i samarbeid med testledere, trene på å motta munnstykke og neseclupe mens båndet fortsatt var i bevegelse. Pulsdata ble lagret under hele seansen, og RPE ble registrert ved 16 og 26 min, samt etter 1000 m-testen. Én FP fikk en ekstra tilvenningsøkt grunnet utilpassheter på rulleskimøllen. En stakesyklus på tredemøllen er fremvist i figur 3.2.



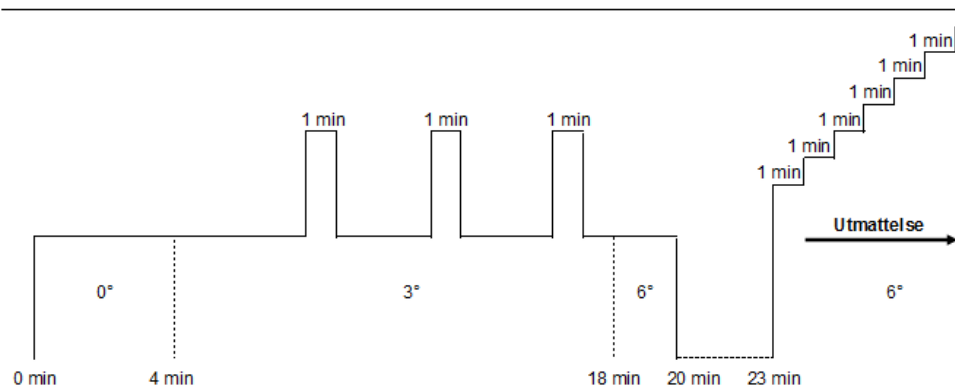
Figur 3.2: En stakesyklus ved staking på tredemølle.

Tilvenning 1RM ble innledet med innlæring av riktig teknikk i testøvelsen stående staking m/benk. FP gjennomførte tre serier med 15, 7 og 3 repetisjoner med gradvis økende belastninger før de gjennomførte 2–3 tunge løftforsøk, nært 1RM i øvelsen. Data etter tilvenningen ble brukt som et estimat på 1RM for enklere å regulere riktig motstand ved pretest.

3.5.2 Maksimalt oksygenopptak løping

$VO_{2\text{-maks}}$ løpetest ble innledet med 20 min oppvarming med varierende intensiteter (60–85 % av $HF_{\text{-peak}}$). Hastigheten de første 4 min var 9–10 km/t for kvinner og 10 km/t for menn. Fra 4–18 min ble hastigheten redusert til 9 km/t og 7–8 km/t for henholdsvis menn og kvinner, hvorav tre ilagte 1 min drag (8–9, 12–13, og 16–17 min) ble gjennomført på individuelle hastigheter. HF ble registrert etter hvert drag. De to siste min av oppvarmingen løp FP på 7 km/t. Etter oppvarmingen fikk FP 3 min pause med mulighet til å drikke vann (2–3 dl). Starthastigheten under $VO_{2\text{-maks}}$ løpetesten var individuell for hver enkelt FP og lik mellom pre- og posttest, der løpshastigheten økte med 1 km/t per min. Testen ble avsluttet når FP ikke klarte å holde seg fremfor den bakre laserlinjen på båndet, eller selv ga stoppsignal. Etter testen ble $VO_{2\text{-maks}}$ funnet ved å ta gjennomsnittet av de fire høyeste $VO_{2\text{-målinger}}$ registrert sammenhengende over 60 s. Kravet for godkjent $VO_{2\text{-maks}}$ test var en oppnådd RER (respiratory exchange ratio) over 1.10. $VO_{2\text{-målinger}}$ ble foretatt med 15 s intervaller. Tid til

utmattelse (TTU), RPE og HF_{peak} ble registrert etter gjennomført test. Høyeste enkeltstående hjertefrekvensverdi under testprotokollen ble brukt som makspulsv verdi under treningsarbeidet om ikke FP oppga dette selv. Etter prestasjonstesten løp FP rolig ned i et selvvalgt tempo på en intensitet som ikke akkumulerte laktat (La^-) (Belcastro & Bonen, 1975), som forberedelse til 1RM- og muskulær utholdenhetstesten. Testprotokollen fremstilles i figur 3.3.



Figur 3.3: Protokoll for måling av VO_{2-maks} og prestasjon i løping. ° Vinkelgraden oppvarmingen og løpetesten ble gjennomført på. Horisontal stripete linje indikerer pause. m: minutt

3.5.3 Omkrets overarm

Omkrets av overarm ble målt etter samme målemetode som Skattebo (2014), med målebånd (Seca model 201; Seca GmbH & Co., Hamburg, Tyskland). Armomkretsen ble målt for begge armer ved 50, 60 og 70 % av segmentlengden fra angulus acromii. Avstanden mellom angulus acromii (scapula) og olecranon (ulna) var regnet som segmentallengden av overarmen.

3.5.4 1RM- og muskulær utholdenhetstest

Testøvelsene 1RM og muskulær utholdenhet ble gjennomført i et kabeltrekkapparat hvor et selvkonstruert stak håndtak med 45cm bredde mellom slyngehåndtakene ble festet til talgen i trekkapparatet. En benk med regulerbar rygg (Gym 2000 AS, Vikersund, Norge) ble plassert mellom FP og trekkapparatet. Den vertikale avstanden fra gulvet til toppen av seteryggen var 94 cm, hvor benkens rygg hadde 60 grader vinkel i forhold til gulvet. Avstanden fra trekkapparatet målt horisontalt fra talgen til fremre benkfot var 130 cm. Et tau ble festet horisontalt mellom trekkapparatet og en stang plassert bak benken (194 cm fra talgen til stangen) i høyde med pannen til FP (startposisjon). Gjennomføring av øvelsen er vist i figur 3.4.



Figur 3.4: Oversikt over gjennomføringen av én repetisjon i styrkeøvelsen stående staking m/benk som ble benyttet i prosjektet.

En balansepute (Terapi Master, Langenargen, Tyskland) ble benyttet som polstring mellom hoften og kanten på seteryggen for å gjøre stakeposisjonen mer behagelig. Ekstra vektskiver (1,25–5 kg) (Eleikon Group AB, Krosvågen, Sverige) ble benyttet for å optimalisere belastningen, hvor vektskivene ble festet til låsepinne i trekkapparatet. Den spesifikke oppvarmingen før 1RM forsøket ble innledet med 15, 10, 5 og 3 repetisjoner med økende belastning, med samme motstand mellom pre- og posttest. Startbelastningen på første 1RM forsøk tilsvarte ca. 95 % av 1RM oppnådd ved tilvenning med minimum 2 min pause mellom hvert forsøk. Ved godkjente løft ble motstanden oppjustert. Det siste godkjente forsøket ble registrert som 1RM etter to påfølgende underkjente forsøk.. Kriterier for godkjent 1RM løft ble bestemt etter:

- Stakehåndtaket i samme høyde som pannen i startposisjon.
- Stakehåndtaket måtte berøre stolryggen i ferdigposisjon.
- Øvelsen måtte gjennomføres som en dynamisk stakebevegelse med parallelle armer.

Det var 5 min pause mellom siste underkjente 1RM forsøk og starten på muskulær utholdenhetstest. Belastningen var 55 % av 1RM oppnådd ved pretest, med samme belastning ved alle tester. Seansen ble filmet med (Microsoft Surface 2, Microsoft, Redmond, USA) eller (iPhone 4, Apple, Carlifornia, USA) for i ettertid å kunne kontrollere antall repetisjoner, underkjente løft, TTU og frekvens per repetisjon. Siden den tekniske utføringen av stakebevegelsen var forskjellig mellom FP, var ikke godkjenningskriteriene like strenge som under 1RM-testen.

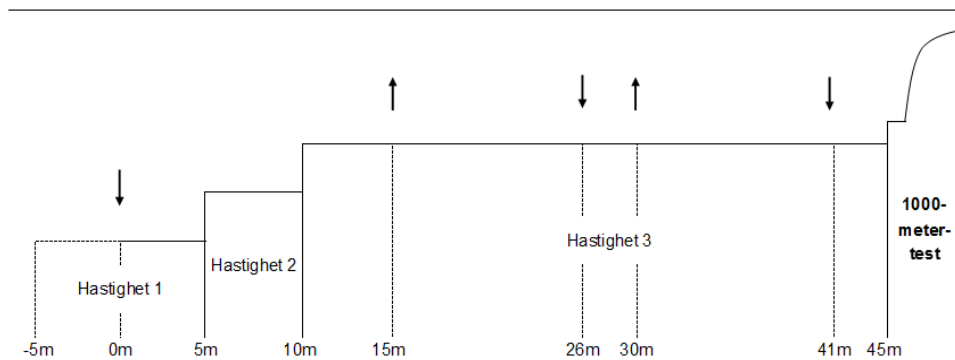
3.5.5 Stakeprotokoll

Stakeprotokollen ble gjennomført som siste test både ved pre- og posttest. Protokollen varte til sammen 50 min + 1000 m, hvor 50 min ble gjennomført på individuelt tilpassede submaksimale hastigheter beregnet på bakgrunn av RPE og VO₂ ved tilvenning. Første, andre og tredje hastighet ble holdt i henholdsvis 10, 5 og 35 min, før gjennomføring av 1000 m-testen som var prestasjonstesten etter det langvarige arbeidet (figur 3.5).

Det ble benyttet rulleski av type Swenor fiberglass (Sport-Import, Sarpsborg, Norge) med 2-er hjul fremme og 3-er hjul bak. På bakgrunn av ulike type skisko ble enten Rotefella NNN (Rotefella AS, Klokkarstua, Norge) eller Salomon SNS (Salomon SAS, Metz- Tessy, Frankrike) benyttet. Rullemotstand i horisontal rulleretning ble kontrollert for begge rulleskipar før pre- og posttest, for å ekskludere variasjon i rullefriksjon. For å sikre stabil rullemotstand gjennom hele testprotokollen, ble rulleskiene lagt i et varmeskap (Swix Sport AS, Lillehammer, Norge) på en temperatur tilsvarende 50 °C, 10 min før start av stakeprotokoll. Stavlengde var selvvalgt enten av type Swix Triac 1.0 (>145 cm) eller Swix CT1 (<145 cm) (begge Swix Sport AS, Lillehammer, Norge) med egenproduserte pigger (NIH) til bruk på tredemøllen. Hver enkelt FP benyttet samme stavlengde under hele intervensjonen. Videokamera (Canon HF-100) ble brukt til å filme to separate 15 s lange sekvenser etter 16 og 36 min for å beregne stakefrekvens og syklustid. Filmingen ble gjennomført i en oppløsning på 1080p, og kamera ble plassert 410 cm fra rulleskimøllen med filming av FP i sagittalplan.

Som en liten tilvenning staket FP de første 4 min og 30 s uten munnstykke på en hastighet tilsvarende *hastighet 1*. Etter den korte tilvenningen ble VO₂ målt over 5 min ved tre ulike submaksimale hastigheter. Gjennomsnittshastigheten var $\sim 2,3 \pm 0,6$ m/s ved *hastighet 1*, $\sim 2,7 \pm 0,4$ m/s ved *hastighet 2* og $\sim 3,1 \pm 1,4$ m/s ved *hastighet 3*. For fem FP ble hastigheten regulert ned med 0,25 m/s, fordi *hastighet 3* opplevdes for høy. Dette medførte en liten reduksjon i gjennomsnittshastigheten med inngang til 1000 m-testen ($\sim 3,0 \pm 0,5$ m/s). Samme hastigheter ble brukt under posttest. To separate målinger av VO₂ ble målt mellom 26–30 min og 41–45 min. O₂-kostnaden ble beregnet som gjennomsnittet av VO₂ de to siste minuttene («steady state») (Grassi, 2006) av hver enkelt målesekvens. På signal holdt FP seg fast foran på møllen for å sette på munnstykke og nesklype. En vifte montert foran FP ble anvendt for nedkjøling og luftsirkulering under stakeprotokollen. FP ble tilbudt å drikke vann (2–3 dl) uten tilsetningsstoffer. Alt dette ble gjennomført innen ~ 30 s. Munnstykket ble byttet ut med et nytt munnstykke før siste VO₂-måling, dette for å forhindre at slim skulle dras inn ved

inhalasjon under prestasjonstesten. RPE ble registrert ved 16, 30 og 41 min og pulsmålinger ble målt kontinuerlig gjennom hele protokollen.



Figur 3.5: Skjematisk oppbygging av staketestprotokoll. ↑ = munnstykke inn. ↓ = munnstykke ut. m: minutt.

1000 m-testen startet direkte etter det 50 min submaksimale arbeidet, og hastigheten de første 200 m var låst for å sikre en kontrollert åpningshastighet. Hastigheten de første 200 m var individuell for hver enkelt FP, og var 15 % høyere enn *hastighet 3*. De siste 800 m sto FP fritt til å bestemme hastigheten selv, og viktigheten av å stå hele distansen og ha en så høy gjennomsnittshastighet som mulig ble forklart i forkant. Hastigheten ble manuelt regulert ved å:

1. Skyve fremre rulleski frem for å bryte den fremre laserlinjen. Dette resulterte i en hastighetsøkning med (+0,25 m/s) hver gang laserstreken ble brutt.
2. Hastigheten ble redusert med (-0,25 m/s) når FP slapp rulleskiene bak den bakre laseren på båndet. Dette skjedde om FP ikke klarte å opprettholde arbeidsintensiteten.

VO₂ ble målt kontinuerlig gjennom 1000 m-testen, og høyeste VO₂ over 30 s ble registrert som VO_{2-peak}. Den høyeste enkeltstående pulsmålingen ble registrert som HF_{peak} staking, og RPE ble registrert innen 30 s etter fullført test. Prestasjonen ble definert som tid (s) brukt på 1000 m. Analyser av utnyttingsgraden ble kalkulert som gjennomsnittlig $\sum VO_2 / \sum VO_{2-peak}$.

Aerobt og anaerobt energibidrag ble estimert etter maksimalt anaerob O₂-underskudd (MAOD- metoden) (Medbø et al., 1988). Metoden tar forbehold om at O₂-kostnaden er konstant ved en gitt hastighet/arbeidsbelastning, og at forholdet mellom hastighet/belastning og VO₂ anses som lineært. Estimert O₂-krav ble funnet ved lineær ekstrapolering av forholdet

mellom hastighet (m/s) og O₂-kostnad, hvor skjæringspunktet mellom x-aksen (O₂-kostnad) og y-aksen (m/s) ved 3 submaksimale hastigheter dannet regresjonslinjen. Akkumulert (Σ) VO₂ ble beregnet ved å summere det totale VO₂ gjennom hele 1000 m-testen. Σ O₂-underskudd ble funnet ved å subtrahere Σ VO₂ fra Σ O₂-krav. Det aerobe energibidraget ble beregnet ved å dividere Σ VO₂ med Σ O₂-krav. Alle målinger under 1000 m-testen ble regnet ut ifra 5 s VO₂-målinger.

Én FP var diagnostisert med diabetes type 1. Før alle tester, og underveis i stakeprotokollen ble blodglukoseverdiene målt gjennom stikkprøve. På grunn av diagnosen fikk vedkommende derfor tillatelse til å drikke saft, slik at blodglukosenivåene var innenfor referanseområdet. Én FP klarte ikke å opprettholde samme hastighet under det submaksimale arbeidet ved posttest, som ved pretest. Dette førte til n=10 analyser av 1000 m-testen i INT-gruppen.

3.6 Statistisk metode

Normalfordeling i datasettet ble undersøkt med Shapiro- Wilks test og ingen rådata hadde avvik før eller etter log-transformasjon. For å undersøke forskjell mellom gruppene ble det benyttet tosidig Student's t-test for uavhengige grupper. Tosidig parett Student's t-test ble brukt for å undersøke endring fra pre- til posttest for samme gruppe. Rådata fremstilles som gjennomsnitt \pm standardavvik (SD), mens relativ endring er representert som gjennomsnitt \pm 90 % konfidensintervall (KI). Effektstørrelse (ES) av relativ endring for samme gruppe (Cohen's *d*), ble regnet ut ved å dividere SD pre-test med forskjellen i absolutt endring (posttest – pretest). Prosentvis forskjell i endring mellom gruppene ble regnet ut ved å dividere SD pre (MUT og INT) med prosentendring mellom gruppene (MUT – INT). Terskelverdier av ES er klassifisert som ubetydelig ($ES < 0,2$), liten ($0,2 \leq ES < 0,6$), moderat ($0,6 \leq ES < 1,2$), stor ($1,2 \leq ES < 2,0$) og veldig stor ($\geq 2,0$) (Hopkins, 2000a). Sammenhengen mellom to ulike variabler ble undersøkt med Person's produktmoment korrelasjonskoeffisient. Korrelasjonskoeffisienten (Person's *r*) ble klassifisert som lav ($0,1 \leq r < 0,3$), moderat ($0,3 \leq r < 0,5$), høy ($0,5 \leq r < 0,7$), svært høy ($r = 0,7 \leq r < 0,9$) eller nærmest perfekt ($r \geq 0,9$) (Hopkins, 2000b). Reliabilitet ble undersøkt gjennom utregning av variasjonskoeffisient (CV) og intraklasse korrelasjon (IKK) (Hopkins, 2000b). Statistiske analyser ble gjort i Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft, Redmond, USA) og IBM SPSS Statistics 20.0 (International Business Machines, New York; USA). Signifikansnivået ble satt til ($p < 0,05$). En tenderende forskjell ble satt til ($p < 0,1$).

4. Resultater

4.1 Trening

Det ukentlige treningsvolumet til MUT var høyere før treningsintervensjonen startet sammenlignet med INT ($p < 0,01$). MUT hadde også et høyere treningsvolum av staking sammenlignet med INT ($p < 0,05$). Intensitetsfordelingen før treningsintervensjonen viste at MUT hadde en tendens til større prosentandel LIT ($p = 0,10$) sammenlignet med INT, mens INT tenderte til å ha større prosentandel HIT ($p < 0,1$) sammenlignet med MUT sett i forhold til det totale treningsvolumet.

Det totale treningsvolumet til MUT under treningsintervensjonen var 90 ± 32 % av treningsvolumet før intervensjonen startet ($p = 0,43$), mens INT trente 122 ± 107 % av treningsvolumet før intervensjonstart ($p < 0,05$). MUT hadde en tendens til større totalt treningsvolum under intervensjonsperioden sammenlignet med INT ($p < 0,1$). Endringen i totalt treningsvolum mellom gruppene før treningsintervensjon sammenlignet med under, var ($p = 0,11$), og kun med liten praktisk effekt (tabell 4.1). MUT trente (72 ± 58 %; $p < 0,05$) staking under treningsintervensjonen sammenlignet med før treningsintervensjonen, mens INT trente (78 ± 51 %; $p = 0,26$). Det var derfor ikke forskjell mellom gruppene ($p = 0,16$). Endringen mellom gruppene før, sammenlignet med etter treningsintervensjon var ($p = 0,75$), og kun med liten praktisk effekt. MUT gjennomførte 94 ± 8 % og INT 90 ± 13 % av planlagt trening i treningsintervensjonen, som resulterte i en liten forskjell mellom gruppene (4 ± 12 %; $p = 0,45$; ES: 0,33).

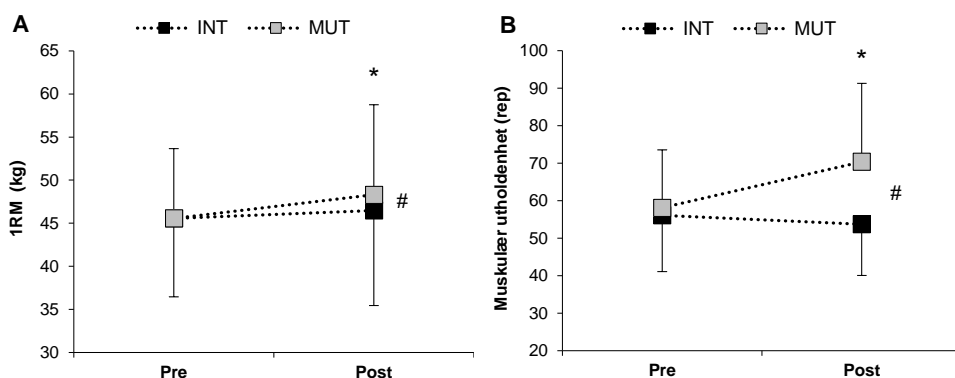
Tabell 4.1: Fordeling i gjennomførte treningstimer per uke mellom MUT og INT i intervensjonsperioden. Data er hentet fra treningsdagbøker.

Variabel	MUT (n = 11)		INT (n = 11)		Gruppesammenligning
	Timer	Fordeling (%)	Timer	Fordeling (%)	Kvalitativ vurdering (ES)
LIT	-	76 ± 11	-	61 ± 22	Liten (0,28)
HIT	-	24 ± 11	-	39 ± 22	
Total trening	8,2 ± 3,6	-	6,0 ± 2,0	-	Liten (0,52)
Stakespesifikk trening	2,4 ± 2,4	27 ± 15	1,2 ± 0,8	19 ± 12	Liten (0,28)
Generell styrke	0,4 ± 0,6	-	0,5 ± 0,5	-	Liten (0,25)
Muskulær utholdenhet	0,3 ± 0,1	-	-	-	-

Gjennomsnittsverdi ± standardavvik. LIT: lav-intensiv trening (55-82 % av maksimal hjerterefrekvens), HIT: høy-intensiv trening (82-100 % av maksimal hjerterefrekvens). ES: effektstørrelse (Cohen's *d*). Terskel av effektverdier $< 0,2$ (ubetydelig), 0,2-0,6 (liten) 0,6-1,2 (moderat) og 1,2-2,0 (stor).

4.2 Muskulær utholdenhet og 1RM i stående staking m/benk

Én repetisjon maksimum (1RM) i stående staking m/benk økte i MUT fra pre- til posttest ($6 \pm 2 \%$; $p < 0,01$), mens INT hadde en økende tendens ($2 \pm 3 \%$; $p < 0,1$). Den relative økningen til MUT var større sammenlignet med INT ($4 \pm 4 \%$; $p < 0,01$), men med en ubetydelig effektstørrelse (ES: 0,17) (figur 4.1: A). Muskulære utholdenhet i stående staking m/benk med treningsmotstanden 55 % av 1RM, økte hos MUT ($21 \pm 15 \%$; $p < 0,01$), men ikke hos INT ($-1 \pm 22 \%$; $p = 0,57$) under posttest (figur 4.1: B). Den relative økningen var større for MUT sammenlignet med INT ($23 \pm 22 \%$; $p < 0,05$), med en moderat effektstørrelse (ES: 0,99).



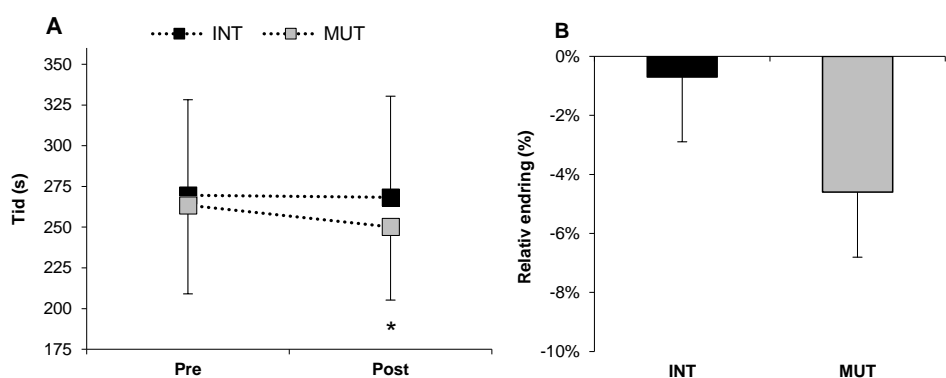
Figur 4.1: A: En repetisjon maksimum (1RM) i stående staking m/benk ved pre- og posttest for begge gruppene. B: Antall repetisjoner (ved 55 % av 1RM) i stående staking m/benk ved pre- og posttest for begge gruppene. Grafene representere gjennomsnittlig verdier for de to gruppene og feilmarkører viser \pm standardavvik. *: $p < 0,05$: endring pre- til post innad i gruppene. # $p < 0,05$: endring mellom gruppene fra pre- til posttest.

4.3 Omkrets av overarm og kroppsvekt

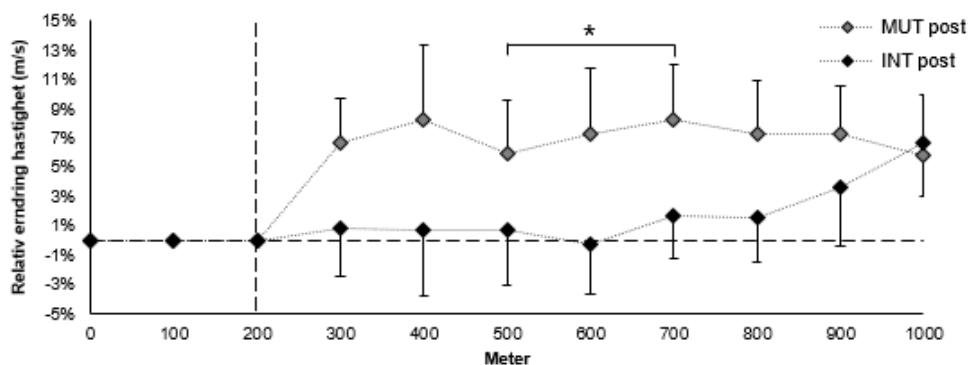
Omkretsen av overarmen økte med ($1,2 \pm 1,1 \%$; $p < 0,1$) for MUT, men var uendret hos INT fra pre- til posttest ($0,1 \pm 1 \%$; $p = 0,99$). Den relative endringen mellom gruppene var ($1 \pm 1 \%$; $p = 0,25$) med en ubetydelig effektstørrelse (ES: 0,16). INT hadde en reduksjon i kroppsvekt mellom pre- og posttest ($-0,9 \pm 0,7 \%$; $p < 0,05$), mens det ikke var noe endring i MUT ($0,1 \pm 0,6 \%$; $p = 0,70$). MUT tenderte til å øke vekten sammenlignet med INT fra pre- til posttest ($1,0 \pm 0,6 \%$; $p < 0,1$), men med en ubetydelig effektstørrelse (ES: -0,09).

4.4 1000 meter stakeprestasjon

Tiden på 1000 m gikk ned for MUT, men var uendret for INT etter gjennomført treningsintervensjon sammenlignet med før treningsintervensjon (figur 4.3; A). MUT forbedret seg ($4 \pm 5 \%$; $p=0,06$) sammenlignet med INT, men gruppeforskjellen fra pre- til posttest var liten (ES: $-0,22$) (figur 4.2; B). MUT reduserte tiden de siste 800 m med ($-7 \pm 2 \%$; $p<0,01$) og INT ($-2 \pm 3 \%$; $p=0,45$). Forbedringen til MUT var dog liten sammenlignet med INT ($5 \pm 3 \%$; $p<0,05$; ES: $0,24$). MUT hadde også en høyere endring i relativ hastighet sammenlignet med INT mellom 500–700 m fra pre- til posttest ($p<0,05$) (figur 4.3).



Figur 4.2: A: Tid (s) på 1000 m ved pre- og posttest for begge grupper. Feilmarkører viser \pm standardavvik. B: Gjennomsnittlig relativ endring i prosent (%) på 1000 m fra pre til posttest for begge grupper. Feilmarkører viser 90 % konfidensintervall (KI). * Signifikant forskjell pre-til posttest innad i gruppen $p<0,05$.



Figur 4.3: Relativ endring i hastighet fra pre- til posttest underveis i 1000 m-testen. * Signifikant relativ endring mellom gruppene pre- til posttest $p<0,05$. Svart stripete horisontal linje: pretestverdier for MUT og INT. Svart stripete vertikal linje: selvregulering av hastighet.

4.5 Maksimalt oksygenopptak

Det var ingen endring i $VO_{2\text{-peak}}$ på 1000 m-testen fra pre til posttest hverken for MUT ($p=0,21$) eller INT ($p=0,67$). $HF_{\text{-peak}}$ staking var uendret for MUT ($0,1 \pm 1 \%$; $p=0,84$), og gikk ned hos INT hvilket ga en liten endring mellom gruppene ($p<0,05$) (tabell 4.2). $VO_{2\text{-maks}}$ løping var uendret for begge grupper fra pre- til posttest (MUT: $p=0,24$; INT: $p=0,33$). $HF_{\text{-peak}}$ oppnådd ved løping var uendret for MUT, men gikk ned for INT ($-1 \pm 1 \%$; $p<0,05$). RPE oppgitt ved løping økte hos MUT ($p<0,01$), og var uendret hos INT ($p=0,66$). Det var en tenderende forskjell mellom gruppene i endring fra pre-til posttest ($p<0,1$) (tabell 4.2).

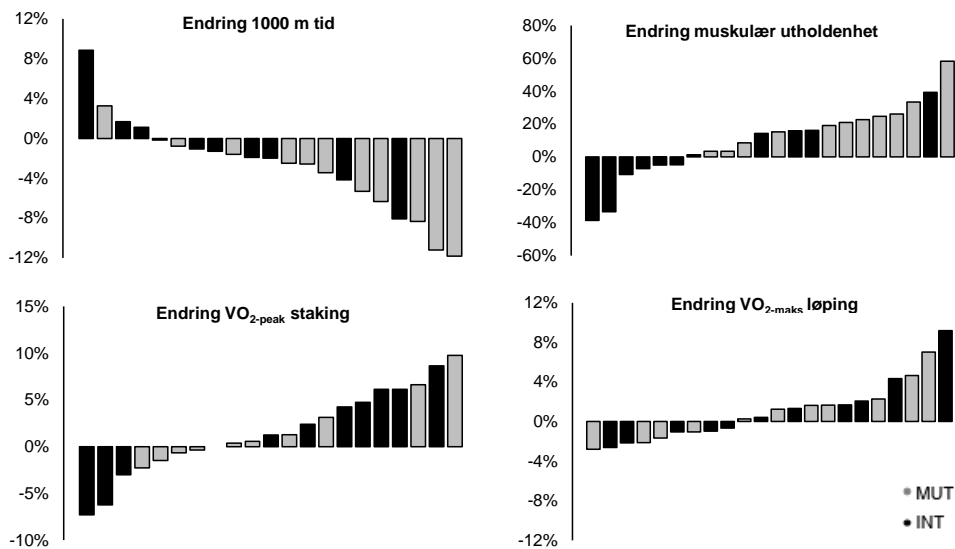
Tabell 4.2: Fysiologisk respons ved 1000 m stakeprestasjon (MUT=11; INT=10) og $VO_{2\text{-maks}}$ løpetest (MUT=11; INT=11) før og etter treningsperioden.

Variabel	MUT		INT		Gruppesammenligning	
	Pretest (snitt \pm SD)	Posttest (snitt \pm SD)	Pretest (snitt \pm SD)	Posttest (snitt \pm SD)	Endring (%) (snitt \pm KI)	Kvalitativ vurdering (ES)
Staking						
$VO_{2\text{-peak}}$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	57,2 \pm 6,7	58,0 \pm 6,3	56,0 \pm 5,5	57,3 \pm 6,0	0,2 \pm 1,6	Ubetydelig (0,01)
$VO_{2\text{-peak}}$ ($L \cdot min^{-1}$)	4,47 \pm 0,77	4,43 \pm 0,58	4,35 \pm 0,75	4,37 \pm 0,82	- 1,7 \pm 3,9	Ubetydelig (-0,19)
RER	1,08 \pm 0,03	1,09 \pm 0,05	1,10 \pm 0,07	1,09 \pm 0,06	1,9 \pm 1,4	Liten (0,43)
$HF_{\text{-peak}}$	186 \pm 6	186 \pm 5	189 \pm 10	186 \pm 8 *	1,7 \pm 0,7 *	Liten (0,41)
RPE	18,5 \pm 1,1	18,6 \pm 1,3	19,0 \pm 0,8	18,6 \pm 1,1	2,7 \pm 1,6	Liten (0,56)
Løping						
$VO_{2\text{-maks}}$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	64,1 \pm 5,1	64,7 \pm 5,6	63,2 \pm 5,2	63,9 \pm 5,0	- 0,1 \pm 1,1	Ubetydelig (0,01)
$VO_{2\text{-maks}}$ ($L \cdot min^{-1}$)	4,92 \pm 0,77	4,99 \pm 0,79	4,91 \pm 0,92	4,92 \pm 0,94	1,2 \pm 1,1	Ubetydelig (0,07)
RER	1,15 \pm 0,05	1,17 \pm 0,04	1,17 \pm 0,05	1,16 \pm 0,03	2,5 \pm 1,3	Moderat (0,60)
$HF_{\text{-peak}}$	190 \pm 5	188 \pm 5	190 \pm 8	188 \pm 8 *	0,2 \pm 0,5	Ubetydelig (0,06)
RPE	18,3 \pm 0,8	18,9 \pm 0,6 *	19,1 \pm 0,3	19,0 \pm 0,9	4,3 \pm 1,8	Moderat (1,08)

$VO_{2\text{-peak}}$; gjennomsnittsverdien av høyeste målinger oppnådd over 30 s. $VO_{2\text{-maks}}$; gjennomsnittsverdien av de fire høyeste målingene oppnådd over 1 min. RER: respiratory exchange ratio (O_2 : CO_2). RPE: Subjektiv følelse av anstrengelse. *Signifikant endring fra pre til posttest ($p<0,05$). SD: Standardavvik. KI: 90 % konfidensintervall. Endring (%); endringen til MUT sammenlignet med INT fra pre- til posttest.

$VO_{2\text{-peak}}$ staking var $11 \pm 6 \%$ og $11 \pm 4 \%$ lavere enn $VO_{2\text{-maks}}$ løping ved pretest for henholdsvis MUT og INT. Den relative endringen fra pre- til posttest var uendret for begge gruppene, og endret seg ikke mellom pre- og posttest ($p=0,81$; ES: 0,17).

Det var noe variasjon i treningstilpasning på tvers av gruppene etter endt treningsintervensjon i relativ endring 1000 m tid, muskulær utholdenhet, $VO_{2\text{-peak}}$ staking og $VO_{2\text{-maks}}$ løping (figur 4.4).



Figur 4.4: Individuell fremgang i prosentvis endring fra pre- til posttest i 1000 m tid (s), muskulær utholdenhetstest (55 % av én repetisjon maksimum), høyeste oppnådde oksygenopptak ($VO_{2\text{-peak}}$) staking under 1000 m-testen og $VO_{2\text{-maks}}$ løping etter endt treningsintervensjon. Hver søyle representerer én forsøksperson.

4.6 Estimert ΣO_2 -krav og ΣVO_2 under 1000 meter stakeprestasjon

På grunn av redusert O_2 -kostnad tenderte det estimerte ΣO_2 -kravet ($mL \cdot kg^{-1}$) på 1000 m-testen til å være lavere ved posttest for MUT ($p < 0,1$), men uendret for INT ($p = 0,53$). Det ΣO_2 -kravet til MUT gikk ned ($-1,2 \pm 1,7 \%$; $p = 0,89$) sammenlignet med INT fra pre- til posttest. ΣVO_2 var forskjellig mellom pre- og posttest for MUT ($p < 0,01$) som følge av redusert tid på 1000 m-testen, men uendret for INT ($p = 0,27$). Det ΣVO_2 til MUT gikk ned ($-2,3 \pm 1,5 \%$; $p = 0,20$) sammenlignet med INT (tabell 4.3).

Tabell 4.3: ΣO_2 -krav og ΣVO_2 under 1000 m stakeprestasjon etter et langvarig submaksimalt arbeid.

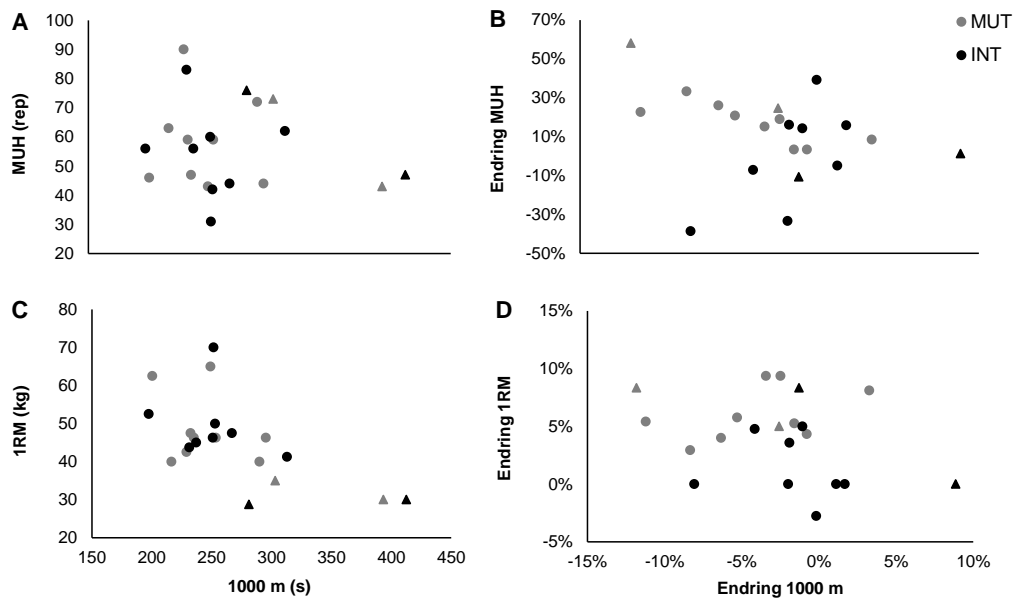
Variabel	Pretest (snitt \pm SD)	Posttest (snitt \pm SD)	Endring (%) (snitt \pm KI)	Effektsørrelse (Cohen's <i>d</i>)
MUT (n=11)				
ΣO_2 -krav (ml \cdot kg ⁻¹)	223,4 \pm 26,7	217,2 \pm 23,6	- 2,6 \pm 2,1	Ubetydelig (-0,12)
ΣVO_2 (ml \cdot kg ⁻¹)	220,1 \pm 18,8	211,3 \pm 18,0 *	- 3,9 \pm 2,1 *	Ubetydelig (-0,05)
INT (n=10)				
ΣO_2 -krav (ml \cdot kg ⁻¹)	221,6 \pm 28,6	219,0 \pm 35,1	- 1,4 \pm -0,7	Ubetydelig (-0,09)
ΣVO_2 (ml \cdot kg ⁻¹)	220,8 \pm 30,1	217,5 \pm 32,9	-1,6 \pm 2,0	Ubetydelig (-0,11)

* Signifikant endring fra pre til posttest ($p < 0,05$). Gjennomsnitt \pm standardavvik (SD). KI: 90 % konfidensintervall. Oksygen (O_2)- krav. Akkumulert (Σ). Oksygenopptak (VO_2).

4.7 Sammenhenger

4.7.1 Muskulær utholdenhet, 1RM og 1000 meter stakeprestasjon

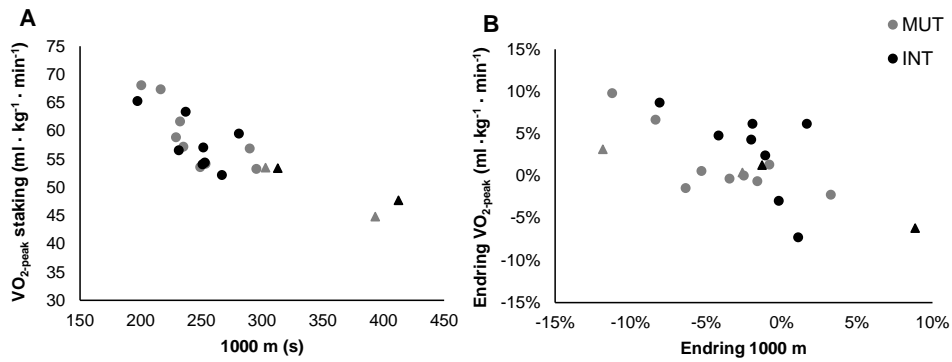
Det var liten til ingen korrelasjon mellom 1000 m stakeprestasjon og muskulær utholdenhet i stående staking m/benk ved pretest for begge gruppene med ($r=0,14$) og uten ($r=0,08$) kvinner medberegnet i analysen (figur 4.5; A). Det var liten til ingen korrelasjon mellom prosentvis endring pre- til posttest for begge gruppene samlet både med ($r=0,29$) og uten kvinner ($r=0,04$). Det var derimot veldig høy korrelasjon for prosentvis endring pre- til posttest for MUT ($r = 0,80$; $p < 0,01$), og moderat negativ korrelasjon for INT ($r=0,44$; $p=0,20$). (figur 4.5; B). Det var høy til liten korrelasjon mellom 1000 m tid og 1RM i stående staking m/benk ved pretest for begge gruppene med ($r=0,61$; $p < 0,01$) og uten kvinner ($r=0,27$) (figur 4.5; C), og moderat til ingen korrelasjon mellom prosentvis endring i 1RM og endring 1000 m tid med ($r=0,29$) og uten kvinner ($r=0,09$). Det var ingen korrelasjon i endring for MUT ($r=0,07$) og moderat korrelasjon for INT ($r=-0,48$; $p=0,16$) (figur 4.5: D).



Figur 4.5: Sammenheng mellom 1000 m tid (s) og muskulær utholdenhet (MUH), rep (rep: antall repetisjoner) og 1 repetisjon maksimum (RM) i stående staking m/benk ved pretest (A og C). Figur B og D viser sammenhengen mellom prosentvis endring i 1000 m tid i forhold til prosentvis endring av muskulær utholdenhet og 1RM. Grå trekanter representere kvinner MUT. Svarte trekanter representerer kvinner INT.

4.7.2 $VO_{2\text{-peak}}$ staking og 1000 meter stakeprestasjon

Det var veldig høy korrelasjon mellom 1000 m tid etter et langvarig arbeid og $VO_{2\text{-peak}}$ staking målt i relative verdier ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) ved pretest både med ($r=0,80$; $p<0,01$) og uten kvinner ($r=0,74$; $p<0,01$) (4.6; A). Det var høy positiv korrelasjon i relative endringen mellom pre- og posttest både med ($r=0,64$; $p<0,01$) uten kvinner ($r=0,59$; $p<0,05$). Det var også veldig høy korrelasjon mellom prestasjon og $VO_{2\text{-peak}}$ målt i absolutte verdier ($\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$) ved pretest for hele gruppen ($r=0,84$; $p<0,01$), og uten kvinner ($r=0,64$; $p<0,05$). Det var veldig høy positiv korrelasjon i prosentvis endring 1000 m tid og prosentvis endring $VO_{2\text{-peak}}$ staking mellom pre- og posttest for både MUT ($r=0,75$; $p=0,01$) og INT ($r=0,72$; $p=0,03$) separat (4.6; B).



Figur 4.6: Sammenhengen mellom 1000 m tid (s) og $VO_{2\text{-peak}}$ staking målt i relative verdier ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) ved pretest (Figur: A), og prosentvis endring mellom variablene fra pre- til posttest (Figur: B). Grå trekanter representere kvinner MUT. Svarte trekanter representerer kvinner INT.

5. Diskusjon

Formålet med studien var å undersøke effekten av muskulær utholdenhetstrening på 1000 m stakeprestasjon direkte etter et 50 min submaksimalt arbeid på rulleskimølle hos godt trente langrennsløpere. Hovedfunn av å erstatte intervalltrening med muskulær utholdenhetstrening resulterte i:

1. MUT økte muskulær utholdenhet med ~23 %, og 1RM med ~4 % i stående staking m/benk sammenlignet med INT fra pre- til posttest.
2. MUT forbedret 1000 m-tiden etter et langvarig submaksimalt arbeid med ~5 % fra pre- til posttest, hvor MUT hadde ~4 % større endring sammenlignet med INT.
3. MUT hadde ingen endring i $VO_{2\text{-peak}}$ staking.

5.1 Trening

Det var forskjell mellom gruppene i ukentlig treningsvolum før intervensjonsstart, hvor MUT trente 46 ± 40 % mere enn INT. Det ideelle ville vært om det ukentlige treningsvolumet var likt mellom gruppene, men ettersom studiet innebefatter mosjonister, kan treningsvolum i stor grad være påvirket av jobbsituasjon, familieliv og andre hverdagslige gjøremål. Variasjonen i ukentlige trening kan derfor være stor mellom individ og intervensjonsgruppe som fremgår av tabell 4.1. Det er viktig å poengtere at treningsprogrammet i denne studien ikke var et supplement til hver enkelt FP totale treningsvolum, men trening som skulle erstatte annen intensitetslik trening. Andre studier har supplert trening til det totale treningsvolumet, noe som resulterer i et høyere totalt treningsvolum enn det var i utgangspunktet (Ebben et al., 2004; Mikkola et al., 2011). Dette vanskeliggjør vurderingen om økt treningsvolum eller addert trening forårsaket den eventuelle prestasjonsfremgangen.

Gruppenndelingen ble balansert etter 1000 m tid, kroppsvekt og $VO_{2\text{-maks}}$ løping ved pretest, uavhengig av treningsvolum. Det var ingen forskjell mellom gruppene i treningsvolum under treningsintervensjonen, og i snitt trente FP 7 ± 3 t ukentlig med en «69 %–31 %» intensitetsfordeling mellom LIT (≤ 82 % av $HF_{\text{-peak}}$) og HIT (≥ 82 % av $HF_{\text{-peak}}$). Selv om INT trente lengre løpeintervaller, var det ingen forskjell mellom gruppene i HIT under intervensjonen ($p=0,35$). Andre treningsintervensjoner med kombinert muskulær utholdenhet- og utholdenhetstrening har rapportert om 6–10 t ukentlig totaltrening (Jackson et al., 2007; Mikkola et al., 2011; Sedano et al., 2013; Welde, 2006). Sammenligning av treningsvolum og intensitetsfordeling avhenger av hvilke bevegelsesform som utøves, treningsstatus, samt når i

sesongen treningen gjennomføres (Stöggl & Sperlich, 2015). Intensitetsfordelingen samsvarer bra med Seiler og Kjerland (2006) som rapporterte en «71 %–29 %» treningsfordeling bland godt trente junior langrennsløpere over 32 dager med trening, mens den avviker med en studie gjort på elitelangrennsløpere hvor det rapporteres om en «79 %–11 %» av totalt treningsvolum i sesongoppkjøringsperioden (Losnegard, 2013). Dette kan ha sammenheng med eliteutøveres høye treningsvolum sammenlignet med mosjonister, og at elite utøvere trener mer systematisk gjennom hele året.

Den langrennsspesifikke treningen var estimert til å være 28 % av den totale treningen. Dette er til sammenligning mindre enn hva eliteløpere (ca. 60 %) gjennomfører i sesongoppkjøringen til konkurransesesong (Losnegard et al., 2013).

Det ble trent 19 ± 2 min muskulær utholdenhetstrening, som tilsvarer ~4 % av det totale treningsvolumet for MUT under treningsintervensjonen. Dette er noe lavere sammenlignet med andre treningsintervensjoner hvor det ble trent muskulær utholdenhet (Campos et al., 2002; Ebben et al., 2004). Dette kan ha sammenheng med antall treningsøvelser per treningsøkt og antall treningsøkter per uke. I vår studie ble det trent én øvelse to ganger i uken kombinert med intervalltrening, men til gjengjeld var den muskulære utholdenhetstreningen langrennsspesifikk. Andre studier har ikke i like stor grad tatt høyde for spesifisitetsprinsippet (Campos et al., 2002; Ebben et al., 2004). Det kan derfor drøftes om færre øvelser og et totalt sett mindre treningsvolum av treningsøvelsen kan kompenseres med spesifikk trening sammenlignet med helkroppstreningsprogrammer, og likevel ha like god effekt på en eventuell treningsrespons.

5.2 Muskulær utholdenhetstrening

5.2.1 Utholdende styrke

Det var ingen forskjell mellom MUT og INT ved pretest i relativ styrke til utmattelse ved 55 % av 1RM. MUT økte antall repetisjoner sammenlignet med pretest (~21 %) og relativt i forhold til INT fra pre- til posttest (~23 %), med en moderat effektstørrelse ($ES=0,99$). Svært få studier har undersøkt effekten av muskulær utholdenhetstrening gjennom utholdende styrketester, spesielt blant godt utholdenhetstrente FP. Studier som har undersøkt effekten av muskulær utholdenhet på prestasjon har utelatt kontrollgrupper, noe som svekker styrken i funnene det vises til (Anderson & Kearney, 1982; Stone & Coulter, 1994; Welde, 2006). Det er rapportert om fremgang på 16 % i øvelsen «pushups» og ~33 % i øvelsen «bråsterk» etter 9

uker med muskulær utholdenhetstrening hos godt trente langrennsløpere på juniornivå (Welde, 2006). Disse resultater må imidlertid vurderes kritisk siden studien hadde få FP, samt stor spredning i testresultatene innad i intervensjonsgruppene. Det kan også spekuleres i om en eventuell modnings- og vekstutviklingsforskjell blant de unge FP kan ha påvirket resultatene, og om lav gjennomføringsprosent av planlagte treningsøkter underveis i intervensjonen ikke gav tilstrekkelig stimulering til å fremme forventet treningsrespons ($64 \pm 16 \%$).

Sammenlignet med studier på utrente FP (Anderson & Kearney, 1982; Campos et al., 2002; Stone & Coulter, 1994), er fremgangen i nærværende studie i nedre område (22–82 %). Dette kan sies å være forventet med bakgrunn i antagelsen om at allerede godt trente har utviklet god utholdenhet i involverte muskelgrupper sammenlignet med utrente, og derfor har et «mindre potensiale» for relativ endring over en kort treningsperiode. Denne antagelsen støttes av Ebben et al. (2004). Denne studien gjaldt imidlertid forskning av roprestasjon for erfarne og uerfarne roere og ikke prestasjonstest av muskulær utholdenhet. Den store variasjonen det vises til i andre studier i relativ fremgang (Anderson & Kearney, 1982), antas å være et resultat av metodiske forskjeller, slik som: forskjellig treningsbelastning, antall repetisjoner, hvilke muskelgrupper som trenes, submaksimal treningsbelastningen og varigheten av treningsintervensjonen. Som forventet var det ingen endring i INT ved posttest (- 1 %). Dette samsvarer med en annen studie som benyttet kontrollgruppe til sammenligning av effekten av muskulær utholdenhetstrening (Campos et al., 2002).

Per treningsøkt var økningen i relativ styrke, 1 rep (~1,8 %) for MUT. Stone og Coulter (1994) fant en økning per treningsøkt på 0,6 rep (~1,1 %) i «benkpress» på belastningen 45 % av 1RM pretest verdi hos kvinner uten styrketrenings erfaring. I studien til Stone og Coulter (1994) trente kvinnene 30–40 RM, hvor de til sammen gjennomført 21 økter fordelt over 9 uker. Det kan tenkes at progresjonen avtok mot slutten av treningsintervensjonen ettersom intervensjonen varte 3 uker lengre og hvor de til sammen trente ~9,5 økter mer enn i den nærværende studie. Hva dette skyldes er uklart, men et endepunkt for utviklingen av den nevralt tilpasningen kan være en mulig årsak (Raastad et al., 2010). Muskulær utholdenhetstrening gjennomført på underekstremitetene viser å ha et større potensiale i absolutt og relativ økning sammenlignet med overekstremitetene hos utrente individer (Campos et al., 2002; Stone & Coulter, 1994). Disse studiene rapporterte om en absolutt (~1,7 og ~1,3 rep) og relativ (~3,4 og ~3,0 %) økning per treningsøkt, som til sammenligning er ~1,6 og ~1,2 % høyere relativ økning enn i nærværende studie.

5.2.2 Maksimal styrke, kroppsvekt og armomkrets

1RM økte for MUT mellom pre- til posttest, og økningen var større sammenlignet med INT ($p < 0.05$). MUT sin økning på ~6 % er noe lavere sammenlignet med andre studier hvor FP har lignende treningsstatus (~9–15 %) (Jackson et al., 2007; Sedano et al., 2013). Fremgangen per treningsøkt i 1RM tilsvarte 0,24 kg (~0,5 %). Dette samsvarer med fremgang per treningsøkt i andre studier (~0,4–0,6 %) (Jackson et al., 2007; Sedano et al., 2013; Welde, 2006). Årsaken til mindre total fremgang i denne studien kan være den noe kortere treningsintervensjonen, og dermed færre gjennomførte treningsøkter (12; 90 % mot 20–24 økter; 85–90 %). Samtidig var trenings- og testøvelsen spesifikt rettet mot en bestemt bevegelsesform og dermed kan en allerede godt tilegnet teknikk gjennom overføringsverdi av staketrening ha ført til mindre endring i 1RM. Det kan spekuleres i om økningen er et resultat av nevralt tilpasninger sammenlignet med intervensjoner der treningsøvelsene er mer generelle og mindre lik den bestemte bevegelsesform som utøves (Raastad et al., 2010).

Det ble funnet høy korrelasjon mellom 1RM i stående staking m/benk og 1000 m tid ved pretest for begge gruppene. Ved å korrigere for kjønn (kun menn), ble korrelasjonen lav mellom variablene, noe som kan ha sammenheng med pretest resultatene til to av kvinnene (figur 4.4 C). Tidligere studier har funnet høye til nesten perfekte korrelasjoner mellom evnen til å generere høy kraft/effekt i overkroppen og sprint tester i staking (Losnegard, Mikkelsen, Rønnestad, et al., 2011; Skattebo et al., 2015; H. Østerås, Helgerud, & Hoff, 2002). Det kan tenkes at årsaken til de splittede funnene skyldes ulik karakteristikk av FP, ulike tester som ble benyttet, eller ulik utforming av testprotokoller. Mekanismer bak tretthet etter et langvarig arbeid er antatt å være komplekse, og kan være et resultat av sentrale påvirkninger (sentralnervesystemet), og/eller perifere påvirkninger gjennom svekket kontraktile egenskaper lokalt i skjellemuskelen (Keyser, 2010; Sahlin et al., 1998). Det kan spekuleres i om disse mekanismene kan ha påvirket den noe lavere korrelasjonen i nærværende studie sammenlignet med andre studier.

Siden INT fungerte som kontrollgruppe i styrke- og muskulær utholdenhetstestene, var det noe overaskende at det var en tenderende økning i 1RM (2 ± 2 %) fra pre- og posttest. Hva dette skyldes er uklart, men siden INT trente ~10 min mer styrketrening ukentlig under intervensjonen, kan dette ha utgjort den tenderende økningen. Kontrollgrupper i andre langrennstudier med lignende bevegelseslike styrkeøvelser har vist lignende utvikling (Losnegard, Mikkelsen, Rønnestad, et al., 2011; Mikkola et al., 2007). I den foreliggende

studien ble det observert en stor økning fra tilvenning til pretest (~15 %), noe som kan forsvare en ytterligere læringseffekt fra pre- til posttest.

Kroppsvekten var uendret mellom pre- og posttest for MUT. Det var likevel en tendens til økning i armomkrets fra pre- til posttest (~1,2 %), dog kun med en ubetydelig effektstørrelse ($p=0,09$; ES: 0,15) som kan være en sterkere indikasjon på bedret nevralt tilpasning (Folland & Williams, 2007). Sammenlignet med andre muskulære utholdenhetsintervensjoner, var det ingen forskjell i hypertrofi blant utrente mannlige FP (Campos et al., 2002), mens Welde (2006) rapporterte om økt muskeltvernsnitt i type IIAX fibre hos utholdenhetstrete jenter.

Det forekom en høy ($r=0,73$) korrelasjon mellom omkrets overarm og 1RM ved pretest. Dette er noe lavere enn hva andre studier har funnet ($r=0,88$ og $r=0,91$) med målemetode magnetisk resonans bildeframstilling (MR) (Losnegard, Mikkelsen, Rønnestad, et al., 2011) og lik målemetode som i vår studie (Skattebo, 2014). Variasjonskoeffisienten til målemetoden ble ikke undersøkt, og derfor må resultatene vurderes kritisk. Ingen statistisk forskjell ble observert mellom MUT og INT ved posttest, og omkrets av overarm var uendret hos INT.

Til sammenligning - og ikke helt overraskende - viser treningsintervensjoner med tung styrketrening blant godt trente- og elitelangrensløpere en større relativ fremgang i 1RM (~12–24 %) (Losnegard, Mikkelsen, Rønnestad, et al., 2011; Rønnestad, Kojedal, Losnegard, Kvamme, & Raastad, 2012; Skattebo et al., 2015; H. Østerås et al., 2002) og økt armomkrets (5,5 og 3,3 %) (Losnegard, Mikkelsen, Rønnestad, et al., 2011; Skattebo, 2014). Med tanke på manglede dokumentasjon på muskulær utholdenhetstrening og effekt på elitelangrensløpere, samt antagelsen om at treningseffekter i stor grad påvirkes av treningsstatus og treningsbakgrunn, skal man være forsiktig med å sammenligne studiets resultater med treningsstudier av eliteutøvere. På bakgrunn av eksisterende funn kan man imidlertid anta at adaptasjonene tilknyttet maksimal kraftproduksjon er forskjellig mellom treningsmetodene, og underbygger derav kontinuumet mellom styrke- og muskulær utholdenhetstrening (Kraemer et al., 2002; Raastad et al., 2010).

5.2.3 Sammenheng mellom muskulær utholdenhet og prestasjon

Det ble funnet liten til ingen korrelasjon mellom utholdende styrketest ved 55 % av 1RM i stående staking m/benk og 1000 m stakeprestasjon ved pretest. Tidligere studier relatert til roing har vist varierende korrelasjoner i muskulær utholdenhet og roprestasjon (Lawton et al., 2011). De høyeste korrelasjonene i disse studiene er funnet når relative styrketester med 50–70 % av 1RM gjennomføres i testøvelser, der bidraget av de mest involverte muskelgruppene

i bevegelsesformen er representert (Lawton et al., 2011). Dette argumenterer for spesifikke testøvelser som tar høyde for de mest involverte muskelgruppene i bevegelsesformen. Siden muskelaktivering i staking avhenger av intensitet og anses som helkroppsarbeid (Bojsen-Møller et al., 2010; Rud et al., 2014), ble det ikke gjort føringer på isolering av underekstremitetene hverken i trenings- eller testøvelsen.

Korrelasjonsanalysen ved pretest indikerer likevel ingen (kun menn) til lav (begge kjønn) sammenheng mellom muskulær utholdenhet og 1000 m tid etter et langvarig submaksimalt arbeid til tross for kontroll av tid per repetisjon og kontroll for arbeidsvei gjennom testen. Korrelasjonsanalyser blant trente kvinnelige og mannlige roere har rapportert tilsvarende funn der korrelasjonen mellom 2000 og 2500 m ($r=0,25$) roergometer prestasjon og maksimalt antall repetisjoner i 7 min på 50 % og 70 % av 1RM i øvelsen benktrekk (Jurimae et al., 2010; Kramer, Leger, Paterson, & Morrow, 1994).

Det er tidligere knyttet kritiske spørsmål vedrørende validitet og reproduserbarhet ved relative styrketester med submaksimale arbeidsbelastninger til utmattelse (Jeukendrup, Saris, Brouns, & Kester, 1996; Lawton et al., 2011). Løftetempo per repetisjon, relativ arbeidsbelastning og tidsbegrensninger vedrørende testens varighet burde sees i sammenheng med idrettens bevegelsesform og det reelle prestasjonsforløpet (Lawton et al., 2011). I nærværende studie ble det kontrollert for løft tempo og arbeidsvei, og samme individuelle absolutte arbeidsbelastning ble benyttet ved pre- og posttest. Det kan likevel drøftes om korrelasjonen ved pretest hadde blitt høyere om alle hadde gjennomført den muskulære utholdenhetstesten på samme absolutte arbeidsbelastning. Siden staking og roing utøves gjennom forskjellige bevegelsesformer og totaltiden mellom prestasjonstestene har forskjellig varighet, skal man være forsiktig med å sammenligne korrelasjonene. Det kan imidlertid vurderes om muskulære utholdenhetstester etter relative verdier er et relevant mål på utholdenhetsprestasjon på bakgrunn av eksisterende resultater. Det skal også poengteres at korrelasjonsanalyser kun oppsummerer hvordan to variabler beveger seg sammen og ikke viser en konkret årsakssammenheng.

5.3 1000 meter stakeprestasjon

Den eneste forskjellen mellom gruppene var den muskulære utholdenhetstreningen, og det kan tenkes at treningsmetoden forårsaket forbedret 1000 m stakeprestasjon. MUT forbedret prestasjonen med 13 ± 15 s og var forskjellig fra pre- til posttest ($p<0,05$), mens INT ikke

hadde noen betydelig forbedring 1 ± 11 s ($p=0,74$). Det var en tenderende forskjell i relativ endring mellom gruppene ($p=0,06$), men kun med en liten effektstørrelse (ES: 0,22). En kan derfor ikke utelukkende konkludere med at den muskulære utholdenhetstrening var årsaken til prestasjonsforbedringen. Den lave effektstørrelsen er mest sannsynlig et resultat av store variasjoner i endring 1000 m tid fra pre-til posttest, noe som fremstilles i figur 4.2 og 4.4.

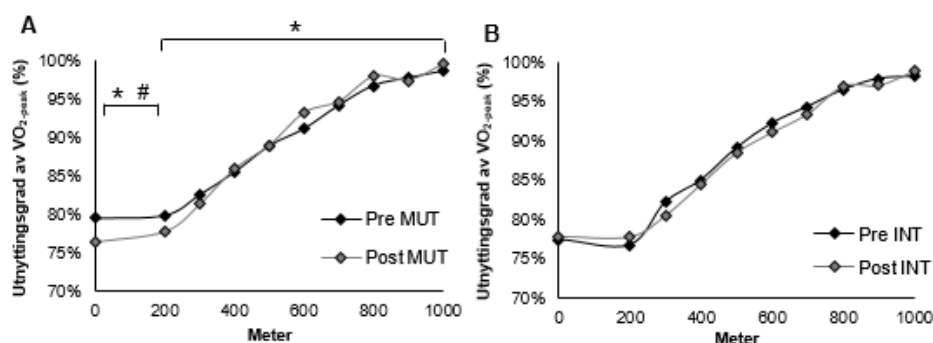
Tidligere studier som har implementert muskulær utholdenhetstrening som treningsmetode har vist både bedret (Ebben et al., 2004; Gallagher et al., 2010; Mikkola et al., 2011) og uendret (Sedano et al., 2013; Welde, 2006) utholdenhetsprestasjon. Ebben et al. (2004) og Gallagher et al. (2010) fant en gjennomsnittlig forbedring i roprestasjon på henholdsvis $\sim 1,9$ og $\sim 3,4$ %, noe som er litt lavere enn funnene i nærværende studie (~ 5 %). En svakhet med studien til Ebben et al. (2004) er mangel på kontrollgruppe, og det var heller ingen endring mellom styrke- og muskulær utholdenhetsgruppen på 2000 m roprestasjon. Den eneste studien som har sett på effekten av muskulær utholdenhetstrening på langrennsprestasjon, fant ingen endring i prestasjon over 7 km for kvinner og 10 km for menn. Likevel antydes det en prestasjonsforbedring blant de kvinnelige deltagerne som følge av økt mengde muskulær utholdenhetstrening. Siden det var få FP i treningsgruppene ($n=6$), svekker dette den statistiske styrken, samtidig som pacing strategi under langvarige prestasjonstester kan påvirke reliabiliteten til prestasjonstesten (Foster et al., 2009).

Studier som har undersøkt prestasjon direkte etter submaksimalt arbeid har sett på effekten av tung styrketrening på prestasjon i sykling og staking (Rønnestad et al., 2011; Skattebo et al., 2015). Skattebo et al. (2015) gjennomførte sin testprotokoll på stakeergometer, og fant ingen forskjell og kun en ubetydelig praktisk effekt (ES: 0,07) på gjennomsnittlig kraftproduksjon over 3 min mellom styrkegruppe og kontrollgruppe etter 25 min submaksimalt arbeid med en ilagt hvileperiode på 2 min. Det argumenteres for at addering av tung styrketrening øker maksimal styrke, men ikke gjennomsnittlig kraftproduksjon gjennom 3 min prestasjonstest direkte etter et submaksimalt arbeid sammenlignet med kontrollgruppen hos godt trente kvinnelige langrennsløpere på juniornivå. Det motsatte ble konkludert i (Rønnestad et al., 2011), hvor addert tung styrketrening forbedret gjennomsnittlig kraftproduksjon under en 5 min time-trial test direkte etter et 180 min submaksimalt lavintensitetsarbeid hos godt trente syklistere. I nærværende studie økte muskulær utholdenhet og 1RM etter 6 uker med muskulær utholdenhetstrening, men det var kun en tenderende relativ forskjell mellom intervensjonsgruppene i 1000 m tid.

5.3.1 Pacing og utnyttelsesgrad

Som det fremstilles i figur 4.3, hadde MUT en høyere relativ hastighet sammenlignet med INT fra 500–700 m ved posttest, men hva dette skyldes er noe uklart. Selv om prestasjonstester gitt ved en absolutt distanse eller varighet kan være sensitive for læringseffekter (Foster et al., 2009), gjennomførte begge grupper like mange 1000 m-tester på rulleskimøllen, som tilsier at en eventuell læringseffekt ville være lik mellom gruppene. Det skal likevel ikke utelukkes at endret pacing strategi kan ha medvirket til bedret prestasjon hos MUT (Abbiss & Laursen, 2008).

Utnyttelsesgraden av $VO_{2\text{-peak}}$ gjennom 1000 m-testen var $90 \pm 7\%$ og $89 \pm 8\%$ ved pretest for henholdsvis MUT og INT (figur 5.1). Siden $VO_{2\text{-peak}}$ var uforandret mellom pre- og posttest, og MUT gikk på en lavere andel av $VO_{2\text{-peak}}$ de første 200 m av testen ved posttest, kan det spekuleres i om MUT hadde mer å gi under prestasjonstesten som et resultat av bedret arbeidsøkonomi under det submaksimale arbeidet, og derfor gikk på en høyere andel av $VO_{2\text{-peak}}$ de siste 800 m av prestasjonstesten sammenlignet med INT.

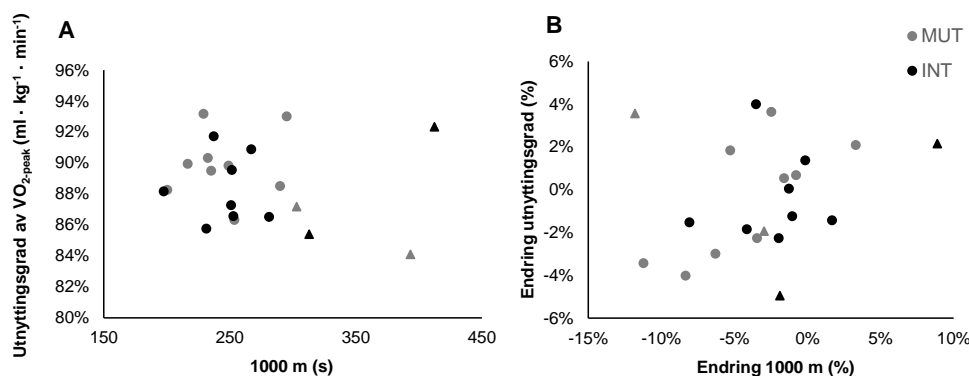


Figur 5.1: Utnyttelsesgraden av $VO_{2\text{-peak}}$ staking målt i prosent (%) under 1000 m stakeprestasjon. MUT=figur A; INT=figur B. * Signifikant forskjell i relativ endring mellom gruppene pre- til posttest $p < 0,05$. # Signifikant forskjell MUT pre- til posttest $p < 0,05$.

Dette må imidlertid vurderes kritisk, siden hastigheten økte med $\sim 15\%$ i overgangen fra det submaksimale arbeidet til 1000 m-testen og VO_2 ikke var «steady state» på tidspunktet målingene ble gjort. Antagelsen om bedret arbeidsøkonomi og prestasjon er dokumentert gjennom prestasjonstester hos godt trente maratonløpere, syklister og langrennsløpere (Bassett & Howley, 1997; Mikkola et al., 2007; Rønnestad et al., 2011; H. Østerås et al., 2002). Det skal likevel bemerkes at hverken Rønnestad (2011), H. Østerås et al. (2002) eller Mikkola (2007) fant endring i arbeidsøkonomi mellom intervensjonsgruppen og

kontrollgruppen etter endt treningsintervensjon ved henholdsvis addert tung styrke- eller eksplosiv styrketrening, men kun forskjell mellom pre- til posttest for intervensjonsgruppen.

Det ble imidlertid funnet lav korrelasjon med ($r=0,12$) og uten kvinner ($r=0,08$), mellom 1000 m stakereprestasjon og prosentvis utnyttelse av $VO_{2\text{-peak}}$ staking (figur 5.2).



Figur 5.2: Sammenhengen mellom utnyttelsesgraden av $VO_{2\text{-peak}}$ staking målt i relative verdier ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) og 1000 m tid (s) ved pretest (Figur: **A**), og sammenhengen i relativ endring mellom de to variablene (Figur: **B**). Grå trekantene representere kvinner MUT. Svarte trekantene representere kvinner INT.

Det ble også funnet lav korrelasjon mellom prestasjon de siste 800 m av prestasjonstesten og utnyttelsesgraden av $VO_{2\text{-peak}}$ staking. Det er tidligere blitt antydnet at prestasjonsforskjeller i sprintlangrenn har (Sandbakk, Ettema, et al., 2011), og ikke har (Losnegard et al., 2012) sammenheng med ulikheter i utnyttelsesgrad.

5.3.2 Høyeste oksygenopptak staking

Welde (2006) er den eneste studien som tidligere har undersøkt effekten av muskulær utholdenhet på langrennsprestasjon. Studien manglet imidlertid $VO_{2\text{-peak}}$ -målinger, hvilket tilsier at nærværende studie er den første studien innen langrenn som inkluderer dette.

Ingen endring i $VO_{2\text{-peak}}$ staking ble observert hverken innad eller mellom gruppene, hvilket samsvarer med andre studier gjort på muskulær utholdenhetstrening (Campos et al., 2002; Mikkola et al., 2011; Sedano et al., 2013), og studier gjort på langrenn og styrketrening (Hoff et al., 1999; Rønnestad et al., 2012; Skattebo et al., 2015; H. Østerås et al., 2002).

Nilsson et al. (2004) rapporterte om økt $VO_{2\text{-peak}}$ staking og gjennomsnittlig kraftproduksjon i en 6 min staketest i stakeregometer etter 6 uker med 180 s stakere spesifikk intervalltrening. Om forskjellen i treningsrespons mellom studiene skyldes forskjellig treningsmetode, varighet og

intensitet i bevegelsesformen er usikkert, men viktigheten av spesifisitet i treningsarbeidet kan tenkes å ha en positiv innvirkning på prestasjon uavhengig av forbedret $VO_{2\text{-peak}}$ i bevegelsesformen. Mangel på standardisert $VO_{2\text{-peak}}$ test staking i nærværende studie kan ha utelatt høyere $VO_{2\text{-peak}}$ verdier hos intervensjonsgruppene på grunn av det langvarige submaksimale arbeidet i forkant. På den annen side viste Skattebo (2014), at forholdet mellom $VO_{2\text{-peak}}$ i standardisert $VO_{2\text{-peak}}$ test i utvilt tilstand og under en avsluttende prestasjonstest (3 min) etter et lengre submaksimalt arbeid, ikke var signifikant forskjell i $VO_{2\text{-peak}}$ staking. Det kan derfor drøftes om den lille, men ikke-signifikante forskjellen i Skattebo (2014), skyldes en tilfeldighet, eller som et resultat av daglig variasjon.

Tidligere studier har rapportert om varierende korrelasjoner mellom $VO_{2\text{-peak}}$ i bevegelsesformen og langrennsprestasjon (Ingjer, 1991; Larsson, Olofsson, Jakobsson, Burlin, & Henriksson-Larsen, 2002; Losnegard, 2013; Sandbakk, Ettema, et al., 2011; Staib, Im, Caldwell, & Rundell, 2000). Dette kan være et resultat av forskjeller i den metodiske utregningen, og variasjoner i vekt, treningsstatus, kjønn og homogenitet (Mahood, Kenefick, Kertzer, & Quinn, 2001). Staib et al. (2000) fant veldig høy korrelasjon mellom prestasjon klassifisert som FIS poeng og $VO_{2\text{-peak}}$ staking ($r=0,76$) og høy korrelasjon mellom $VO_{2\text{-peak}}$ staking og 200 s prestasjon uttrykket i watt (W) ($r=0,68$). Losnegard (2013) fant også sterk korrelasjon mellom $VO_{2\text{-maks}}$ ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) og FIS-poeng bland distanseløpere ($r=0,79$), men ingen sammenheng for sprintere ($r=0,07$). Nærværende studie fant veldig høy korrelasjon mellom 1000 m stakeprestasjon og $VO_{2\text{-peak}}$ staking målt i absolutte (alle: $r=0,84$) og relative (alle: $r=0,80$; kun menn $r=0,74$) verdier, og høy korrelasjon i absolutte verdier kun menn var medberegnet ($r=0,64$). Det kan derfor tenkes at høyintensivt arbeid direkte etter et langvarig submaksimalt arbeid avhenger mer av aerobt energibidrag og høy $VO_{2\text{-peak}}$ i bevegelsesformen sammenlignet med sprintkonkurranser (Losnegard, 2013).

$VO_{2\text{-peak}}$ staking var 11 ± 4 % lavere sammenlignet med $VO_{2\text{-maks}}$ løping ved pretest for begge gruppene samlet. Lignende funn er rapportert i tidligere studier (Holmberg et al., 2007; Nilsson et al., 2004; Sandbakk et al., 2014; Skattebo et al., 2015), og kan være en indikasjon på at overkroppsmuskulaturen ikke klarer å ta opp og omsette like mye O_2 som underkroppsmuskulaturen. Studier som har undersøkt opptak og omsetting av O_2 isolert i armer- og beinmuskulatur ved staking indikerer dette (Calbet et al., 2005; Rud et al., 2014).

Ingen endring ble observert mellom pre- og posttest for noen av gruppene. Lignende funn er rapportert i en studie med lik intervensjonsvarighet, men som benyttet stakeintervalltrening på stakeergometer (Nilsson et al., 2004). Dette indikere at 6 uker med MUT og INT hos godt

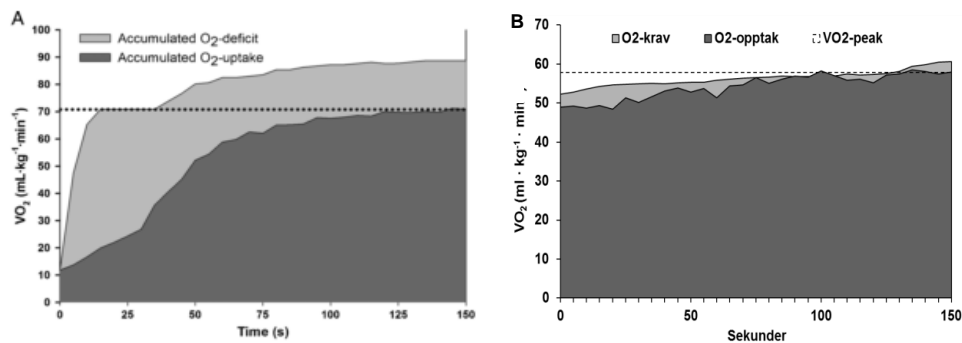
utholdenhetstrente individer er for kort til å påvirke forholdet mellom $VO_{2\text{-maks}}$ løping og $VO_{2\text{-peak}}$ staking, eller ikke har noe effekt på forholdet mellom variablene.

5.3.3 Aerobt og anaerobt energibidrag

Ved pretest oppnådde MUT og INT et samlet ΣO_2 -underskudd på $\sim 1,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ hvor det anaerobe energibidraget utgjorde $\sim 0,7 \%$ av det totale bidraget gjennom 1000 m-testen. Ved posttest var det ingen endring mellom gruppene i ΣO_2 -underskudd ($p=0,14$), hvilket indikerer uendret anaerob kapasitet direkte etter et langvarig submaksimalt arbeid for både MUT og INT. Siden det aerobe energibidraget var dominerende og det ble funnet veldig høy korrelasjon mellom 1000 m stakereprestasjon og $VO_{2\text{-peak}}$ staking ($r=0,82$ alle FP; $r=0,76$ kun menn), kan det tenkes at $VO_{2\text{-peak}}$ har stor betydning for prestasjonen i nærværende studie. Denne antagelsen samsvarer med Bassett og Howley (1997), som fant høy sammenheng mellom $VO_{2\text{-maks}}$ i løping og løpsprestasjon hvor aerob energiomsetning var dominerende. Denne antagelsen forsterkes ved prestasjonstester som overstiger 4 min hvor det er blitt foreslått at $VO_{2\text{-maks}}$ er den viktigste predikatoren for prestasjon blant godt trente syklistere (Iaia et al., 2011). Det samsvarer ikke med sprintprestasjon i langrenn blant spesialsprintere, hvor utøverens anaerob kapasitet estimert etter MAOD-metoden er antydning å være en viktigere predikator for sprintprestasjon enn $VO_{2\text{-peak}}$ (Losnegard, 2013).

Det kan tenkes at individuelle variasjoner i 1000 m tid har ført til individuelle forskjeller i det totale energibidraget under prestasjonstest (Gastin, 2001). Andre studier som har estimert etter MAOD-metoden, men fra uthvilt tilstand, har rapportert om høyere ΣO_2 -underskudd ($\sim 45,7 - 79,0 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$) i skøyting (Losnegard & Hallén, 2014; Losnegard et al., 2012) og klassisk (McGawley & Holmberg, 2014). Våre resultater samsvarer ikke med disse resultatene, eller med studier utført på løping og sykling (Gastin, 2001). Det er antatt at den anaerobe kapasiteten er større i arbeid som inkluderer større andel muskelmasse (Bangsbo et al., 1990; Bangsbo, Michalsik, & Petersen, 1993; Medbø et al., 1988). Dette kan til dels forklare lavere ΣO_2 -underskudd i nærværende studie sammenlignet med andre langrennstudier (skøyting vs. staking) (Losnegard & Hallén, 2014; Losnegard et al., 2012). Samtidig var gjennomsnittstiden i vår studie noe høyere enn det rapporteres i nevnte studier, som igjen kan ha påvirket forholdet mellom det aerobe- og anaerobe energibidraget.

I figur 5.2 A–B eksemplifiseres forskjellen i $\sum O_2$ -underskudd ($ml \cdot kg^{-1}$) ved prestasjonstest i skøyting fra hvile (Losnegard et al., 2012), og prestasjonstest direkte etter et kontinuerlig langvarig arbeid i staking (vår studie).



Figur 5.3: Eksemplifisering av forskjellen de første 150 s av 600 m sprinttest fra hvile (A) (Losnegard, Myklebust, & Hallén, 2012), og de siste 150 s (800 m) av 1000 m prestasjonstest for MUT posttest direkte etter et langvarig submaksimalt arbeid (B).

Fra hvile (Figur 5.3 A) øker O_2 -kravet raskt som følge av økt hastighet på tredemøllen, mens VO_2 ikke klarer å nå det estimerte O_2 -kravet fordi aerob energifrigjøring av ATP ikke klarer å omforme nok kjemisk energi til mekanisk arbeid i takt med arbeidskravet under supramaksimale hastigheter, eller ved arbeid over La^{-} terskel. Dermed må de anaerobe prosessene bidra gjennom nedbryting av høyenergifosfatet CrP og ATP eller glytolytisk produksjon av ATP ved dannelse av La^{-} for å tilfredsstille energikravet ved den gitte hastigheten (anvist som lys-grå farge i figur 5.3). I vår studie (figur 5.3 B) ble det $\sum O_2$ -underskuddet i prestasjonstesten målt direkte etter et langvarig submaksimalt arbeid, og som det fremstilles i figur 5.2 er det forskjeller mellom arealene i O_2 -krav og VO_2 under hele testperioden.

Det kan drøftes om muskulær tretthet opparbeidet gjennom et langvarige submaksimalt arbeidet påvirker den anaerobe kapasiteten og begrenser organismens evne til å jobbe under supramaksimale energikrav sammenlignet med uthvilt tilstand. I den sammenheng vil fibertyperekrutering, La^{-1} akkumulering og bruk av energisubstrater under et langvarig arbeid ha betydning for en avsluttende høyintensiv prestasjonstest. Siden fall i glykogeninnholdet i den arbeidende muskel antas å være assosiert med økt muskulær tretthet gjennom nedsatt aktivering av motoriske enheter involvert i et fysisk arbeid (Hargreaves, 2004), kan dette begrense rekruteringen av type IIA fibre, og det kan tenkes at dette har en negativ påvirkning på kraftutviklingspotensialet ved et høyintensivt arbeid. En sykkelstudie av Krustup,

Söderlund, Mohr, og Bangsbo (2004) undersøkte fibertyperekruttering under et 20 min intensivt arbeid (~80 % $VO_{2\text{-maks}}$), og rapporterte om fall i glykogeninnholdet i både type I og IIA muskelfiber målt fra den mediale delen av m. vastus lateralis.

Arbeidsperioden i nærværende studie hadde noe lengre varighet, og intensiteten under det submaksimale arbeidet var noe lavere ($74,4 \pm 5,3$ $VO_{2\text{-peak}}$ staking pretestverdier). Det kan likevel spekuleres i om dette har hatt en begrensende påvirkning på de kontraktile egenskapene, rekruttering av type IIA muskelfibre og den glykolytiske produksjonen av ATP ved dannelse av La^- , som er antatt å være den viktigste anaerobe energireserven ved maksimalt arbeid ~3 min (Bangsbo et al., 1990). Det kan videre drøftes om opparbeidet tretthet i overkroppsmuskulaturen medført dårligere teknisk gjennomføring av stakebevegelse, som igjen kan ha betydning for koordinering og «timing» av kraftutviklingen i bevegelsesmønsteret. Dessverre ble det ikke foretatt kinematiske data eller La^- målinger under prestasjonstesten, hvilket vanskeliggjør denne antagelsen i vår studie.

Om opparbeidet tretthet gjennom det langvarige arbeidet har medført en underestimering av utregningen av det ΣO_2 -underskuddet under prestasjonstesten er uklart. Siden MAOD-metoden baserer seg på individuelle lineære forholdet mellom hastighet (m/s) og VO_2 ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) ved submaksimalt arbeid (Medbø et al., 1988), og prestasjonstesten først kom etter 50 min submaksimalt arbeid, kan en eventuell O_2 -drift mellom de tre første submaksimale hastighetene de første 20 min av protokollen, og siste VO_2 -måling før prestasjonstesten ha ført til et avvik i lineariteten mellom ΣO_2 -kravet og ΣVO_2 under stakeprotokollen. MAOD-metoden er mye bruk i eksperimentelle studier, men anses som spekulativ og har blitt kritisert grunnet spørsmål tilknyttet reliabiliteten og validiteten av estimeringen av O_2 -kravet. Tallene tilknyttet ΣO_2 -underskuddet må derfor vurderes kritisk (Medbø, 1996; Noordhof et al., 2010).

5.4 Maksimalt oksygenopptak løping

Tidligere studier har rapportert om økt $VO_{2\text{-maks}}$ (~3–10 %) og bedret utholdenhetsprestasjon etter intervensjoner med aerob HIT blant FP med lignende pretestverdier av $VO_{2\text{-maks}}$ (Engel & Sperlich, 2014; Sandbakk et al., 2013). Den nærværende studien fant ingen forbedring i $VO_{2\text{-maks}}$ løping (INT ~1,1 og ~0,3 %; MUT ~1,0 og ~1,5 %) regulert etter kroppsvekt ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) eller absolutte ($L \cdot min^{-1}$) verdier. Den indikerer også at 6 uker med økt varighet

av aerob HIT ikke fremmer $VO_{2\text{-maks}}$ løping i større grad enn HIT av kortere varighet kombinert med bevegelsesspesifikk muskulær utholdenhetstrening.

Resultatene kan ha sammenheng med en mindre forventet fremgang hos allerede godt utholdenhetstrente sammenlignet med moderat- og utrente individer (Milanovic et al., 2015). Som det fremstilles i figur 4.4, var det store individuelle variasjoner i relativ endring av $VO_{2\text{-maks}}$ løping på tvers av gruppene. Dette viser at det er stor variasjon i treningsrespons etter 12 økter med HIT (Bouchard & Rankinen, 2001), selv blant godt utholdenhetstrente individer. Det kan også tenkes at alder og modning har hatt betydning for forskjellen i fremgang i nærværende studie sammenlignet med studier gjort på yngre FP (Engel & Sperlich, 2014; Sandbakk et al., 2013).

Det var meget høy korrelasjon mellom 1000 m tid og $VO_{2\text{-maks}}$ løping målt i absolutte (alle: $r=0,77$) og relative verdier (alle: $r=0,83$; uten kvinner: $r=0,79$), og høy korrelasjon i absolutte verdier uten kvinner ($r=0,56$). Hvorfor korrelasjonene er noe lavere målt i absolutte verdier med kun menn medberegnet er uklart. Bassett & Howley (2000) antyder imidlertid at individuelle variasjoner i arbeidsøkonomi på tvers av gruppene og kjønn kan ha forårsaket dette.

5.5 Begrensninger ved studien

Optimalt sett kunne det ha blitt gjennomført økt grad av tilvenning på rulleskimøllen og i testøvelsen stående staking m/benk for å minimere sjansen for læringseffekter. Begge grupper hadde tilvenning i testøvelsen stående staking m/benk før pretest, men ikke før posttest. Siden INT ikke trente denne øvelsen under intervensjonen, kan posttestmålingen hos INT bære preg varierende resultater på grunn av manglende tilvenning. Videre kunne treningsintervensjonen hatt noe lengre varighet, da en eventuell større effekt eller endring av treningsmetodene kunne kommet senere. Samtidig ville en lengre intervensjon medføre utfordringer med tanke på avvikling av sommerferie. En stor andel av FP ferierte i slutten av august, noe som forhindret FP i å starte intervensjonen tidligere.

Det hadde vært fordelaktig å ha bedre kontroll på treningen til FP gjennom perioden, da dette kunne eliminert forskjellen i treningsvolum før og under intervensjonsperioden. Det hadde også vært ideelt med flere kvinnelige testdeltagere; både for å sammenligne med andre lignende studier gjort på kvinner, men også for å sammenligne eventuelle kjønnsforskjeller av

treningsrespons etter endt treningsintervensjon slik at resultatene også kunne være gjeldende for kvinnelige mosjonister.

Videre hadde det også vært ideelt med en standardisert $VO_{2\text{-peak}}$ staketest med påfølgende laktatmålinger, samt laktatmålinger under stakeprotokollen ved både submaksimalt- og maksimalt arbeid. Det ble heller ikke tatt forbehold om kinematiske data under den avsluttende prestasjonstesten. Mangel på disse målingene kan ha utelatt resultater som kunne fått betydning for fremstillingen av prosjektets resultater. På den annen side kan for mange tester påvirke kvaliteten i måten prosjektet gjennomføres på, samt påvirke allerede inkluderte tester. Det er også viktig å ta høyde for tiden som var til rådighet, samt være realistisk i forhold til arbeidsmengden som kreves gjennom inklusjon av flere tester.

5.6 Praktiske anbefalinger

På grunn av noe uklare resultater og individuelle forskjeller i treningsrespons som følge av treningsmetodene (figur 4.4), samt ingen negativ utvikling i utholdenhetsprestasjon for noen av intervensjonsgruppene, kan det ikke utelukkende konkluderes med at MUT er mere hensiktsmessig å anbefale i treningsarbeidet enn INT. Studien gir imidlertid indikasjoner på at økt mengde bevegelsesspesifikk muskulær utholdenhetstrening er fordelaktig, hvilket har potensiale til å forbedre stakeprestasjon etter et langvarig arbeid i større grad enn mindre bevegelsesspesifikk utholdenhetstrening.

På bakgrunn av studiens resultater kan begge treningsmetodene vurderes og implementeres i treningsarbeidet hos godt trente langrennsløpere uten negativ effekt på stakesprestasjon etter et langvarig submaksimalt arbeid. Det er dog mer uklart hvilken underliggende mekanisme ved muskulær utholdenhetstrening som har potensiale til å bedre stakeprestasjon. Videre undersøkelser for å klargjøre effekten på kvinnelige-, unge- og eliteutøvere, samt en bredere forståelse av mekanismene bak treningsmetoden er derfor nødvendig.

6. Konklusjon

Seks uker med muskulær utholdenhetstrening resulterte i:

1. MUT økte muskulær utholdenhet og maksimal styrke sammenlignet med INT.
2. MUT hadde en tendens til større endring i 1000 m tid sammenlignet med INT etter et langvarig arbeid.
3. Det var ingen endring i $VO_{2\text{-peak}}$ staking for hverken MUT eller INT.

Referanser

- Abbiss, C. R., & Laursen, P. B. (2008). Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Med*, 38(3), 239-252.
- Anderson, T., & Kearney, J. T. (1982). Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Res Q Exerc Sport*, 53(1), 1-7.
- Bangsbo, J. (2015). Performance in sports--With specific emphasis on the effect of intensified training. *Scand J Med Sci Sports*, 25 Suppl 4, 88-99.
- Bangsbo, J., Gollnick, P. D., Graham, T. E., Juel, C., Kiens, B., Mizuno, M., & Saltin, B. (1990). Anaerobic energy production and O₂ deficit-debt relationship during exhaustive exercise in humans. *J Physiol*, 422, 539-559.
- Bangsbo, J., Michalsik, L., & Petersen, A. (1993). Accumulated O₂ deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. *Int J Sports Med*, 14(4), 207-213.
- 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.
- Belcastro, A. N., & Bonen, A. (1975). Lactic acid removal rates during controlled and uncontrolled recovery exercise. *J Appl Physiol*, 39(6), 932-936.
- Billat, L. V. (2001). Interval training for performance: A scientific and empirical practice. *Sports Medicine*, 31(1), 13-31.
- Björklund, G., Holmberg, H. C., & Stöggl, T. (2015). The effects of prior high intensity double poling on subsequent diagonal stride skiing characteristics. *Springerplus*, 4, 40.
- Bojsen-Møller, J., Losnegard, T., Kempainen, J., Viljanen, T., Kalliokoski, K. K., & Hallén, J. (2010). Muscle use during double poling evaluated by positron emission tomography. *J Appl Physiol* (1985), 109(6), 1895-1903.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*, 14(5), 377-381.
- Bosquet, L., Leger, L., & Legros, P. (2002). Methods to determine aerobic endurance. *Sports Med*, 32(11), 675-700.
- Bouchard, C., & Rankinen, T. (2001). Individual differences in response to regular physical activity. *Med Sci Sports Exerc*, 33(6 Suppl), S446-451; discussion S452-443.

- Brodal, P., Ingjer, F., & Hermansen, L. (1977). Capillary supply of skeletal muscle fibers in untrained and endurance-trained men. *Am J Physiol*, 232(6), H705-712.
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part II: anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Med*, 43(10), 927-954.
- 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.
- Calbet, J. A., Jensen-Urstad, M., van Hall, G., Holmberg, H. C., Rosdahl, H., & Saltin, B. (2004). Maximal muscular vascular conductances during whole body upright exercise in humans. *J Physiol*, 558(Pt 1), 319-331.
- Calbet, J. A., & Joyner, M. J. (2010). Disparity in regional and systemic circulatory capacities: do they affect the regulation of the circulation? *Acta Physiol (Oxf)*, 199(4), 393-406.
- Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., . . . Staron, R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol*, 88(1-2), 50-60.
- Coffey, V. G., & Hawley, J. A. (2006). Training for performance: insights from molecular biology. *Int J Sports Physiol Perform*, 1(3), 284-292.
- 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.
- Costill, D. L., Thomason, H., & Roberts, E. (1973). Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med Sci Sports*, 5(4), 248-252.
- Davies, C. T., & Thompson, M. W. (1979). Estimated aerobic performance and energy cost of severe exercise of 24 h duration. *Ergonomics*, 22(11), 1249-1255.
- di Prampero, P. E. (1981). Energetics of muscular exercise. *Rev Physiol Biochem Pharmacol*, 89, 143-222.
- di Prampero, P. E. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *Eur J Appl Physiol*, 90(3-4), 420-429.
- Ebben, W. P., Kindler, A. G., Chirdon, K. A., Jenkins, N. C., Polichnowski, A. J., & Ng, A. V. (2004). The effect of high-load vs. high-repetition training on endurance performance. *J Strength Cond Res*, 18(3), 513-517.

- Edwards, R. H. (1981). Human muscle function and fatigue. *Ciba Found Symp*, 82, 1-18.
- Engel, F. A., & Sperlich, B. (2014). High-intensity interval training for young athletes. *Wien Med Wochenschr*, 164(11-12), 228-238.
- Esteve-Lanao, J., Foster, C., Seiler, S., & Lucia, A. (2007). Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *J Strength Cond Res*, 21(3), 943-949.
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Med*, 39(6), 469-490.
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (2014). *Designing resistance training programmes* (Vol. Fourth edition): Human Kinetics.
- Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training : morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med*, 37(2), 145-168.
- Foss, O., & Hallén, J. (2005). Validity and stability of a computerized metabolic system with mixing chamber. *Int J Sports Med*, 26(7), 569-575.
- Foster, C., Hendrickson, K. J., Peyer, K., Reiner, B., deKoning, J. J., Lucia, A., . . . Wright, G. (2009). Pattern of developing the performance template. *Br J Sports Med*, 43(10), 765-769.
- Gallagher, D., DiPietro, L., Visek, A. J., Bancheri, J. M., & Miller, T. A. (2010). The effects of concurrent endurance and resistance training on 2,000-m rowing ergometer times in collegiate male rowers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1208-1214.
- Garcia-Hermoso, A., Cerrillo-Urbina, A. J., Herrera-Valenzuela, T., Cristi-Montero, C., Saavedra, J. M., & Martinez-Vizcaino, V. (2016). Is high-intensity interval training more effective on improving cardiometabolic risk and aerobic capacity than other forms of exercise in overweight and obese youth? A meta-analysis. *Obes Rev*.
- Gaskill, S. E., Serfass, R. C., Bacharach, D. W., & Kelly, J. M. (1999). Responses to training in cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, 31(8), 1211-1217.
- Gaskill, S. E., Serfass, R. C., & Rundell, K. W. (1999). Upper body power comparison between groups of cross-country skiers and runners. *Int J Sports Med*, 20(5), 290-294.
- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med*, 31(10), 725-741.
- Gavin, T. P. (2009). Basal and exercise-induced regulation of skeletal muscle capillarization. *Exerc Sport Sci Rev*, 37(2), 86-92.

- Grassi, B. (2006). Oxygen uptake kinetics: Why are they so slow? And what do they tell us? *J Physiol Pharmacol*, 57 Suppl 10, 53-65.
- Green, S., & Dawson, B. (1993). Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems. *Sports Med*, 15(5), 312-327.
- Hargreaves, M. (2004). Muscle glycogen and metabolic regulation. *Proc Nutr Soc*, 63(2), 217-220.
- Hegge, A. M., Bucher, E., Ettema, G., Faude, O., Holmberg, H. C., & Sandbakk, Ø. (2015). Gender differences in power production, energetic capacity and efficiency of elite cross-country skiers during whole-body, upper-body, and arm poling. *Eur J Appl Physiol*.
- Hettinga, F. J., De Koning, J. J., Broersen, F. T., Van Geffen, P., & Foster, C. (2006). Pacing strategy and the occurrence of fatigue in 4000-m cycling time trials. *Med Sci Sports Exerc*, 38(8), 1484-1491.
- Hoff, J., Helgerud, J., & Wisløff, U. (1999). Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, 31, 870-877.
- Holmberg, H. C. (2005). *Physiology of Cross-Country Skiing*. (P.hD), The University College of Physical Education and Sports, Karolinska Institute, Stockholm, Sweden.
- Holmberg, H. C. (2015). The elite cross-country skier provides unique insights into human exercise physiology. *Scand J Med Sci Sports*, 25 Suppl 4, 100-109.
- Holmberg, H. C., Lindinger, S., Stöggl, T., Björklund, G., & Müller, E. (2006). Contribution of the legs to double-poling performance in elite cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, 38(10), 1853-1860.
- Holmberg, H. C., Lindinger, S., Stöggl, T., Eitzlmair, E., & Müller, 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.
- Hopkins, W. G. (2000a). A new view of statistics Hentet Fra <http://sports.org/recource/stats>
- Hopkins, W. G. (2000b). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30(1), 1-15.

- Iaia, F. M., Perez-Gomez, J., Thomassen, M., Nordsborg, N. B., Hellsten, Y., & Bangsbo, J. (2011). Relationship between performance at different exercise intensities and skeletal muscle characteristics. *J Appl Physiol (1985)*, *110*(6), 1555-1563.
- Ingjer, F. (1991). Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and men elite cross-country skiers. *Scand J Med Sci Sports*, *1*(1), 25-30.
- Jackson, N. P., Hickey, M. S., & Reiser, R. F., 2nd. (2007). High resistance/low repetition vs. low resistance/high repetition training: effects on performance of trained cyclists. *J Strength Cond Res*, *21*(1), 289-295.
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., Wang, Z. M., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *J Appl Physiol (1985)*, *89*(1), 81-88.
- Jeukendrup, A., Saris, W. H., Brouns, F., & Kester, A. D. (1996). A new validated endurance performance test. *Med Sci Sports Exerc*, *28*(2), 266-270.
- Jones, A. M., & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med*, *29*(6), 373-386.
- Jones, A. M., Grassi, B., Christensen, P. M., Krstrup, P., Bangsbo, J., & Poole, D. C. (2011). Slow component of VO₂ kinetics: mechanistic bases and practical applications. *Med Sci Sports Exerc*, *43*(11), 2046-2062.
- Jones, A. M., & Poole, D. C. (2005). *Oxygen uptake kinetics in sports, exercise and medicine*. New York: Routledge.
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol*, *586*(1), 35-44.
- Jurimae, T., Perez-Turpin, J. A., Cortell-Tormo, J. M., Chinchilla-Mira, I. J., Cejuela-Anta, R., Maestu, J., . . . Jurimae, J. (2010). Relationship between rowing ergometer performance and physiological responses to upper and lower body exercises in rowers. *J Sci Med Sport*, *13*(4), 434-437.
- Keyser, R. E. (2010). Peripheral fatigue: high-energy phosphates and hydrogen ions. *Pm r*, *2*(5), 347-358.
- Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S., . . . Triplett-McBride, T. (2002). American college of sports medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, *34*(2), 364-380.
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc*, *36*(4), 674-688.

- Kramer, J. F., Leger, A., Paterson, D. H., & Morrow, A. (1994). Rowing performance and selected descriptive, field, and laboratory variables. *Can J Appl Physiol*, 19(2), 174-184.
- Krustrup, P., Söderlund, K., Mohr, M., & Bangsbo, J. (2004). The slow component of oxygen uptake during intense, sub-maximal exercise in man is associated with additional fibre recruitment. *Pflugers Arch*, 447(6), 855-866.
- Larsen, H. B. (2003). Kenyan dominance in distance running. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*, 136(1), 161-170.
- Larsen, H. B., & Sheel, A. W. (2015). The Kenyan runners. *Scand J Med Sci Sports*, 25 Suppl 4, 110-118.
- Larsson, P., Olofsson, P., Jakobsson, E., Burlin, L., & Henriksson-Larsen, K. (2002). Physiological predictors of performance in cross-country skiing from treadmill tests in male and female subjects. *Scand J Med Sci Sports*, 12(6), 347-353.
- Laursen, P. B. (2010). Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? *Scand J Med Sci Sports*, 20 Suppl 2, 1-10.
- 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.
- Laursen, P. B., Shing, C. M., Peake, J. M., Coombes, J. S., & Jenkins, D. G. (2002). Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, 34(11), 1801-1807.
- Lawton, T. W., Cronin, J. B., & McGuigan, M. R. (2011). Strength testing and training of rowers: a review. *Sports Med*, 41(5), 413-432.
- Losnegard, T. (2013). *Physiological determinants of performance in modern elite cross-country skiing*. (PhD), Norwegian School of Sport Science, Norway.
- Losnegard, T., & Hallén, J. (2014). Physiological differences between sprint- and distance-specialized cross-country skiers. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(1), 25-31.
- Losnegard, T., Kjeldsen, K., & Skattebo, O. (2016). An analysis of the pacing strategies adopted by elite cross-country skiers. *J Strength Cond Res*. doi:DOI: 10.1519/JSC.0000000000001424
- Losnegard, T., Mikkelsen, K., Ronnestad, B. R., Hallen, 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., Mikkelsen, K., Rønnestad, B. R., 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). Anaerobic capacity as a determinant of performance in sprint skiing. *Med Sci Sports Exerc*, 44(4), 673-681.
- Losnegard, T., Myklebust, H., Spencer, M., & Hallén, 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.
- Losnegard, T., Schäfer, D., & Hallén, J. (2014). Exercise economy in skiing and running. *Frontiers in Physiology*, 5, 5.
- 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.
- Medbø, J. I. (1996). Is the maximal accumulated oxygen deficit an adequate measure of the anaerobic capacity? *Can J Appl Physiol*, 21(5), 370-383; discussion 384-378.
- Medbø, J. I., & Burgers, S. (1990). Effect of training on the anaerobic capacity. *Med Sci Sports Exerc*, 22(4), 501-507.
- Medbø, J. I., Mohn, A. C., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O., & Sejersted, O. M. (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *J Appl Physiol* (1985), 64(1), 50-60.
- Midgley, A. W., & Mc Naughton, L. R. (2006). Time at or near VO₂max during continuous and intermittent running. A review with special reference to considerations for the optimisation of training protocols to elicit the longest time at or near VO₂max. *J Sports Med Phys Fitness*, 46(1), 1-14.
- Mikkola, J. S., Rusko, H. K., Nummela, A. T., Paavolainen, L. M., & Häkkinen, K. (2007). Concurrent endurance and explosive type strength training increases activation and fast force production of leg extensor muscles in endurance athletes. *J Strength Cond Res*, 21(2), 613-620.
- Mikkola, J. S., Vesterinen, V., Taipale, R., Capostagno, B., Häkkinen, K., & Nummela, A. (2011). Effect of resistance training regimens on treadmill running and neuromuscular performance in recreational endurance runners. *J Sports Sci*, 29(13), 1359-1371.

- Milanovic, Z., Sporis, G., & Weston, M. (2015). Effectiveness of high-intensity interval training (HIT) and continuous endurance training for VO₂max improvements: A systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sports Med*, 45(10), 1469-1481.
- Mygind, E., Larsson, B., & Klausen, T. (1991). Evaluation of a specific test in cross-country skiing. *J Sports Sci*, 9(3), 249-257.
- Nilsson, J. E., 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.
- Noordhof, D. A., de Koning, J. J., & Foster, C. (2010). The maximal accumulated oxygen deficit method: a valid and reliable measure of anaerobic capacity? *Sports Med*, 40(4), 285-302.
- Noordhof, D. A., Skiba, P. F., & de Koning, J. J. (2013). Determining anaerobic capacity in sporting activities. *Int J Sports Physiol Perform*, 8(5), 475-482.
- Pate, R. R., & Kriska, A. (1984). Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance. *Sports Med*, 1(2), 87-98.
- Pette, D., & Staron, R. S. (2001). Transitions of muscle fiber phenotypic profiles. *Histochem Cell Biol*, 115(5), 359-372.
- Poole, D. C., Barstow, T. J., Gaesser, G. A., Willis, W. T., & Whipp, B. J. (1994). VO₂ slow component: physiological and functional significance. *Med Sci Sports Exerc*, 26(11), 1354-1358.
- Raastad, T., Paulsen, G., Refnes, P. E., Rønnestad, B. R., & Wisnes, A. R. (2010). *Styrketrening i teori og praksis*. Oslo: Gyldendal undervisning.
- Rud, B., Secher, N. H., 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, K. W., & Bacharach, D. W. (1995). Physiological characteristics and performance of top U.S. biathletes. *Med Sci Sports Exerc*, 27(9), 1302-1310.
- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A., & Raastad, T. (2011). Strength training improves 5-min all-out performance following 185 min of cycling. *Scand J Med Sci Sports*, 21(2), 250-259.
- Rønnestad, B. R., Kojedal, O., Losnegard, T., Kvamme, B., & Raastad, T. (2012). Effect of heavy strength training on muscle thickness, strength, jump performance, and endurance performance in well-trained Nordic Combined athletes. *Eur J Appl Physiol*, 112(6), 2341-2352.

- Sahlin, K. (1992). Metabolic factors in fatigue. *Sports Med*, 13(2), 99-107.
- Sahlin, K., Tonkonogi, M., & Söderlund, K. (1998). Energy supply and muscle fatigue in humans. *Acta Physiol Scand*, 162(3), 261-266.
- Sale, D. G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Med Sci Sports Exerc*, 20(5 Suppl), S135-145.
- Saltin, B. (1988). Capacity of blood flow delivery to exercising skeletal muscle in humans. *Am J Cardiol*, 62(8), 30e-35e.
- Saltin, B., & Strange, S. (1992). Maximal oxygen uptake: "old" and "new" arguments for a cardiovascular limitation. *Med Sci Sports Exerc*, 24(1), 30-37.
- Saltin, B., & Åstrand, P. O. (1967). Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol*, 23(3), 353-358.
- Sandbakk, Ø., 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.
- Sandbakk, Ø., Ettema, G., Leirdal, S., Jakobsen, V., & Holmberg, H. C. (2011). Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance. *Eur J Appl Physiol*, 111(6), 947-957.
- Sandbakk, Ø., Hegge, A. M., Losnegard, T., Skattebo, Ø., Tønnessen, E., & Holmberg, H. C. (2016). The physiological capacity of the world's highest ranked female cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*.
- Sandbakk, Ø., & Holmberg, H. C. (2014). A reappraisal of success factors for Olympic cross-country skiing. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(1), 117-121.
- Sandbakk, Ø., Holmberg, H. C., Leirdal, S., & Ettema, G. (2011). The physiology of world-class sprint skiers. *Scand J Med Sci Sports*, 21(6), e9-16.
- Sandbakk, Ø., Sandbakk, S. B., Ettema, G., & Welde, B. (2013). Effects of intensity and duration in aerobic high-intensity interval training in highly trained junior cross-country skiers. *J Strength Cond Res*, 27(7), 1974-1980.
- Sandbakk, Ø., 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.
- Sedano, S., Marin, P. J., Cuadrado, G., & Redondo, J. C. (2013). Concurrent training in elite male runners: the influence of strength versus muscular endurance training on performance outcomes. *J Strength Cond Res*, 27(9), 2433-2443.

- Seiler, K. S. (2010). What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *Int J Sports Physiol Perform*, 5(3), 276-291.
- Seiler, K. S., De Koning, J. J., & Foster, C. (2007). The fall and rise of the gender difference in elite anaerobic performance 1952-2006. *Med Sci Sports Exerc*, 39(3), 534-540.
- Seiler, K. S., Joranson, K., Olesen, B. V., & Hetlelid, K. J. (2013). Adaptations to aerobic interval training: interactive effects of exercise intensity and total work duration. *Scand J Med Sci Sports*, 23(1), 74-83.
- 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.
- Skattebo, Ø. (2014). *Effekten av maksimal styrketrening på prestasjonen i langrenn: en 10 uker lang intervensjonsstudie*. (Masteoppgave), Norges Idrettshøgskole, Oslo.
- Skattebo, Ø., Hallén, J., Rønnestad, B. R., & Losnegard, T. (2015). Upper body heavy strength training does not affect performance in junior female cross-country skiers. *Scand J Med Sci Sports*.
- Spencer, M. R., & Gastin, P. B. (2001). Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 33(1), 157-162.
- Staib, J. L., Im, J., Caldwell, Z., & Rundell, K. W. (2000). Cross-country ski racing performance predicted by aerobic and anaerobic double poling power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(3), 282-288.
- Stone, W. J., & Coulter, S. P. (1994). Strength/endurance effects from three resistance training protocols with women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 8(4), 231-234.
- Strømme, 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.
- Stöggel, T., Lindinger, S., & Müller, E. (2007). Evaluation of an upper-body strength test for the cross-country skiing sprint. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(7), 1160-1169. 1110.1249/mss.1160b1013e3180537201.
- Stöggel, T., & Sperlich, B. (2015). The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes. *Front Physiol*, 6, 295.
- Tjønnå, A. E., Leinan, I. M., Bartnes, A. T., Jenssen, B. M., Gibala, M. J., Winett, R. A., & Wisløff, U. (2013). Low- and high-volume of intensive endurance training significantly improves maximal oxygen uptake after 10-weeks of training in healthy men. *PLoS One*, 8(5), e65382.

- Tønnessen, E., Sylta, O., Haugen, T. A., Hem, E., Svendsen, I. S., & Seiler, K. 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.
- Vikmoen, O., Ellefsen, S., Trøen, Ø., Hollan, I., Hanestadhaugen, M., Raastad, T., & Rønnestad, B. R. (2016). Strength training improves cycling performance, fractional utilization of VO₂max and cycling economy in female cyclists. *Scand J Med Sci Sports*, *26*(4), 384-396.
- Volianitis, S., Yoshiga, C. C., Nissen, P., & Secher, N. H. (2004). Effect of fitness on arm vascular and metabolic responses to upper body exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, *286*(5), H1736-1741.
- Weber, C. L., & Schneider, D. A. (2000). Maximal accumulated oxygen deficit expressed relative to the active muscle mass for cycling in untrained male and female subjects. *Eur J Appl Physiol*, *82*(4), 255-261.
- Welde, B. (2006). *The significance of endurance training, resistance training and motivational styles in athletic performance among elite junior cross-country skiers*. (P.hd), NTNU, Trondheim.
- Wenger, H. A., & Bell, G. J. (1986). The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. *Sports Med*, *3*(5), 346-356.
- Whipp, B. J., & Wasserman, K. (1972). Oxygen uptake kinetics for various intensities of constant-load work. *J Appl Physiol*, *33*(3), 351-356.
- Widrick, J. J., Trappe, S. W., Costill, D. L., & Fitts, R. H. (1996). Force-velocity and force-power properties of single muscle fibers from elite master runners and sedentary men. *Am J Physiol*, *271*(2 Pt 1), C676-683.
- Zoppirolli, C., Pellegrini, B., Bortolan, L., & Schena, F. (2016). Effects of short-term fatigue on biomechanical and physiological aspects of double poling in high-level cross-country skiers. *Hum Mov Sci*, *47*, 88-97.
- Østerås, H., Helgerud, J., & Hoff, J. (2002). Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *Eur J Appl Physiol*, *88*(3), 255-263.
- Østerås, S., Welde, B., Danielsen, J., Tillaar, R. V., Ettema, G., & Sandbakk, Ø. (2016). The contribution of upper-body strength, body composition and maximal oxygen uptake to predict double poling power and overall performance in female cross-country skiers. *J Strength Cond Res*.
- Åstrand, P. O., & Rodahl, K. (1986). *Textbook of Work Physiology* (McGraw-Hill Ed. Vol. 3rd ed.). Singapore.

Åstrand, P. O., Rodahl, K., & Strømme, S. B. (2003). *Textbook of Work Physiology*
(McGraw-Hill Ed. Vol. 4th ed.): McGraw-Hill.

Tabelloversikt

Tabell 3.1: Karakteristikk for kombinert intervall- og muskulær utholdenhetsgruppen (MUT; n = 11), og intervallgruppen (INT; n = 11) ved pretest.....	25
Tabell 3.2: Skjematisk oversikt over prosjektets oppbygging.....	26
Tabell 3.3: Skjematisk fremstilling av intensitet, varighet og treningsfrekvens for treningsgruppene.....	28
Tabell 4.1: Fordeling i gjennomførte treningstimer per uke mellom MUT og INT intervallgruppen i intervensjonsperioden. Data er hentet fra treningsdagbøker.....	37
Tabell 4.2: Fysiologisk respons ved 1000 m stakeprestasjon (MUT=11; INT=10) og VO ₂ -maks løpetest (MUT=11; INT=11) før og etter treningsperioden.....	37
Tabell 4.3: \sum O ₂ -krav og \sum VO ₂ under 1000 m stakeprestasjon etter et langvarig submaksimalt arbeid.....	39

Figuroversikt

Figur 3.1: Skjematisk oppbygging av tilvenning i staking på tredemølle. Stiplede linjer viser pause. ↓ = munnstykke inn. ↑ = munnstykke ut.....29

Figur 3.2: Én stakesyklus ved staking på tredemølle.....30

Figur 3.3: Protokoll for måling av $VO_{2\text{-maks}}$ og prestasjon i løping. m: minutt. ° Vinkelgraden oppvarmingen og løpetesten ble gjennomført på. Horisontal stripete linje indikerer pause.....31

Figur 3.4: Oversikt over gjennomføringen av én repetisjon i styrkeøvelsen stående staking m/benk som ble benyttet i prosjektet.....32

Figur 3.5: Skjematisk oppbygging av styreprotokoll. m: meter. min: minutt. ↓ = munnstykke inn. ↑ = munnstykke ut.....34

Figur 4.1: A: En repetisjon maksimum (1RM) i stående staking m/benk ved pre- og posttest for begge gruppene. B: Antall repetisjoner (55 % av 1RM) i stående staking m/benk ved pre- og posttest for begge gruppene.: Grafene representere gjennomsnittlig verdier for de to gruppene og feilmarkører viser ± standardavvik. *: $p < 0,05$: endring pre- til post innad i gruppene-. # $p < 0,05$: endring mellom gruppene fra pre- til posttest.35

Figur 4.2: A: Tid (s) på 1000 m ved pre- og posttest for begge grupper. Feilmarkører viser ± standardavvik. B: Gjennomsnittlig relativ endring i prosent (%) på 1000 m fra pre til posttest for begge grupper. Feilmarkører viser 90 % konfidensintervall (KI). * Signifikant forskjell pre-til posttest innad i gruppen $p < 0,05$36

Figur 4.3: Relativ endring fra pre- til posttest i paceingstrategi under 1000 m-testen. Grå linje representerer MUT. Svart linje representerer INT. * Signifikant relativ endring mellom gruppene pre- til posttest $p < 0,05$. Svart stripete horisontal linje: pretestverdier for MUT og INT. Svart stripete vertikal linje: selvregulering av hastighet.....36

Figur 4.4: Individuell fremgang i prosentvis endring fra pre- til posttest i 1000 m tid (s), muskulær utholdenhetstest (55 % av én repetisjon maksimum), høyeste oppnådde oksygenopptak ($VO_{2\text{-peak}}$) staking unders 1000 m-testen og $VO_{2\text{-maks}}$ løping etter endt treningsintervensjon. Hver søyle representerer én forsøksperson.38

Figur 4.5: Sammenheng mellom 1000 m tid (s) og muskulær utholdenhet (MUH) (rep: antall repetisjoner) og 1 repetisjon maksimum (RM) i stående staking m/benk ved pretest (A og C). Figur B og D viser sammenhengen mellom prosentvis endring i 1000 m tid staking i forhold til prosentvis endring muskulær utholdenhet og 1RM. Grå sirkler representerer MUT. Grå trekkanter representerer kvinner MUT. Svarte sirkler representerer INT. Svarte trekkanter representerer kvinner INT.....40

Figur 4.6: Sammenhengen mellom 1000 m tid (s) og $VO_{2\text{-peak}}$ staking målt i relative verdier ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) ved pretest (Figur: A), og prosentvis endring mellom variablene fra pre- til

posttest (Figur: B). Grå sirkler representerer MUT. Grå trekanter representere kvinner MUT. Svarte sirkler representerer INT. Svarte trekanter representerer kvinner INT.....41

Figur 5.1: Utnyttingsgrad av $VO_{2\text{-peak}}$ staking målt i prosent (%) under 1000 m stakprestasjon. MUT=figur A; INT=figur B. * Signifikant forskjell i relativ endring mellom gruppene pre- til posttest $p<0,05$. # Signifikant forskjell MUT pre- til posttest $p<0,05$49

Figur 5.2: Sammenhengen mellom utnyttingsgraden av $VO_{2\text{-peak}}$ staking målt i relative verdier ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) og 1000 m tid (s) ved pretest (Figur: A), og sammenhengen i relativ endring mellom de to variablene (Figur: B). Grå trekanter representere kvinner MUT. Svarte trekanter representerer kvinner INT.....50

Figur 5.3: Eksemplifisering av forskjellen de første 150 s av 600 m sprinttest fra hvile (A) (Losnegard et al., 2012), og de siste 150 s (800 m) av 1000 m prestasjonstest for MUT posttest direkte etter et langvarig submaksimalt arbeid (B).....53

Vedlegg

- I Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt «Effekten av muskulær utholdenhetstrening på prestasjon i langrenn»**
- II Informasjonsskriv muskulær utholdenhetstrening**
- III Informasjonsskriv intervalltrening**
- IV Reliabilitet**
- V Eksempel på treningsdagbok til bruk under treningsintervensjonen**

Vedlegg I

Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet «Effekten av muskulær utholdenhetstrening på prestasjon i langrenn»

Bakgrunn og hensikt

Dette er et spørsmål til deg som ønsker å delta i en forskningsstudie for å undersøke effekten av muskulær utholdenhetstrening på prestasjon i langrenn. Tidligere studier har vist at trening av maksimal og eksplosiv styrke har liten eller ingen effekt på langrennsprestasjon. Derfor er det relevant å undersøke om utholdende styrketrening (muskulær utholdenhetstrening) kan ha en prestasjonsfremmende effekt. Tidligere lignende studier har benyttet seg av kortere tester i stakeergometer eller på stakemølle, men dette prosjektet vil ha en lang hovedtest på stakemølle. Dette er en bevegelses lik staketest som er spesielt relevant for langløpsutøvere. Med positive resultater kan studiet legge grunnlaget for en ny treningsmetode innen langrennsporten. Studiet blir gjennomført av Norges Idrettshøgskole (NIH). Masterstudentene Steffen Jevne og Jørgen Børve kommer til å ha det praktiske ansvaret underveis i studiet, mens prosjektleder er Thomas Losnegard.

Hva innebærer studien?

Det skal rekrutteres 30 aktive langløpsutøvere i langrenn (15 kvinner, 15 menn) i alderen 20-40 år som har respektable resultater i langløp å vise til det siste året. Utøverne skal gjennomføre en 6 ukers treningsintervensjon, fulgt av 2 uker med «formtopping». Det er testperioder før og etter treningen, og etter «formtoppingen». Treningen skal gjennomføres 2 ganger i uken i tillegg til deltagerens vanlige trening. Du vil bli delt inn i en kombinert intervall- og muskulær-utholdenhetsgruppe (MUT) eller en kontrollgruppe (KON). KON skal trene 4-6 løpeintervaller på mølle. MU skal utøveren gjennomføre 2-3 løpeintervaller på

mølle fulgt av 3 sett med muskulær utholdenhetstrening, hvor øvelsen er stående staking. Denne styrkeøvelsen simulerer stakebevegelsen i langrenn. Det vil være ca. like mange i hver gruppe. Prosjektet strekker seg totalt fra uke 35-48 (24 august- 27 november), med start for enkeltutøvere i uke 35 eller 37. Det blir gjennomført tilvenning til ulike tester og treningsmetoder den første uken. Testene som skal gjennomføres er maksimalt oksygenopptak på stakemølle, maksimalt oksygenopptak på løpemølle, maksimal styrketest, utholdende styrketest og stakeprotokoll på stakemølle. Testene blir gjennomført over 3 dager ved starten av prosjektet, over 2 dager halvveis, og over 2 dager etter at all trening er ferdig. I tillegg til å møte ved testene, må deltagerne trene minst hver tredje trening på NIH, slik at treningen kan følges opp og kontrolleres.

Mulige fordeler og ulemper

Ulemper med studien er at du vil bli utsatt for fysiske anstrengelser i forbindelse med trening og testing, noe som kan føre til ubehag. I tillegg kan det forekomme skade ved gjennomføring av tilvenning, testing og trening. Det kreves også at deltagerne i prosjektet setter av tid til gjennomføring av prosjektet. Fordeler med studiet er at du som forsøksperson vil få målt ulike fysiske parameter som maksimalt oksygenopptak på løpemølle og stakemølle. Du vil få et innblikk i en potensielt meget god treningsmetode. Dine resultater vil være tilgjengelig for deg når prosjektet er avsluttet.

Hva skjer med informasjonen om deg?

Informasjonen som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Alle opplysningene og prøvene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjennerende opplysninger. En kode knytter deg til dine opplysninger og prøver gjennom en navneliste. Det er kun autorisert personell knyttet til prosjektet som har adgang til navnelisten og som kan finne tilbake til deg. Det vil ikke være mulig å identifisere deg i resultatene av studien når disse publiseres.

Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta i studien. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke til å delta i studien. Dette vil ikke få konsekvenser for din videre behandling. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Om du nå sier ja

til å delta, kan du senere trekke tilbake ditt samtykke uten at det påvirker din øvrige behandling. Dersom du senere ønsker å trekke deg eller har spørsmål til studien, kan du kontakte Steffen Jevne (tlf.: 92658453, e-post: jevnen@hotmail.com), Jørgen Børve (tlf.: 41514121, e-post: jorgen.borve@hotmail.com) eller Thomas Losnegard (tlf.: 99734184, e-post: thomas.losnegard@nih.no)

Ytterligere informasjon om studien finnes i kapittel A. Ytterligere informasjon om personvern og forsikring finnes i kapittel B. Samtykkeerklæring følger etter kapittel B.

Kapittel A- utdypende forklaring av hva studien innebærer

Kriterier for deltagelse

Kriteriene for deltagelse er at du er mellom 20 og 40 år, har lang treningsbakgrunn fra langrenn og har nylige resultater å vise til innen langrennsprestasjon, da hovedsakelig fra langløp. Det settes krav til at du opprettholder den treningsmengden som du vanligvis gjennomfører på denne tiden av året, eller fortsetter med den treningsmengden som du nylig har hatt. Deltakerne må følge de retningslinjer som gjennomføres med tanke på muskulær utholdenhetstrening, hvor det ikke er tillatt å utføre annen form for styrketrening ved siden av det som er avtalt. Unntak fra dette er slynetrening.

Tidsskjema – hva skjer og når skjer det?

Studien strekker seg fra 24 august til 27 november 2015. Deltagerne er delt i to puljer noe som betyr at det vil være to ulike datoer hvor det er mulig å starte prosjektet. Dette er mandag/tirsdag i uke 35 og 37. I løpet av de første to ukene for hver gruppe blir det gjennomført tilvenning og pre-testing. Deretter følger treningsintervensjonen. Så er det en ny test-uke, fulgt av to uker med «formtopping». I disse to ukene vil det være mindre treningen enn det vanlige, for å skape overskudd og «toppe formen». Studien blir avsluttet med post-testing i ukene 46 og 48 for de ulike gruppene. Figuren under viser hva som skjer hver uke. Det blir randomisert om en kommer i MU-gruppen eller KON-gruppen. Hvilken gruppe en havner i har ikke noe å si for når en begynner prosjektet.

Uke	Gruppe 1	Gruppe 2
35	Tilvenning	
36	Testing	
37	Trening	Tilvenning
38	Trening	Testing
39	Trening	Trening
40	Trening	Trening
41	Trening	Trening
42	Trening	Trening
43	Testing	Trening
44	Vedlikehold	Trening
45	Vedlikehold	Testing
46	Testing	Vedlikehold
47		Vedlikehold
48		Testing

Bakgrunnsinformasjon

Det har forekommet en økende interesse for deltagelse i langløpskonkurranser i langrenn både blant kvinner og menn de siste årene. Dette har medført at deltakere trener mere for å bedre prestasjon, og tar i bruk ulike former for utholdenhets- og styrketrening ved å nå sine mål. Innen arbeidsfysiologisk forskning er det gjort ulike studier på styrketrening og dens påvirkning på prestasjon i utholdenhetsidretter. Innenfor langrenn er det i all hovedsak blitt sett på effekten av kombinert maksimal styrke- og utholdenhets trening og kombinert eksplosiv styrke- og utholdenhets trening, og studiene viser til sprikende resultater hvor det kan se ut til at tung og eksplosiv styrketrening ikke har noen positiv effekt på langrennsprestasjon når konkurranseformen går over fra å være sprint til distanselangrenn. Muskulær utholdenhets trening er en form for styrketrening som er blitt studert ved ulike utholdenhetsidretter, men ikke langrenn. Adaptasjonene ved utholdenhetsidretter som løping, sykling og roing viser til signifikant forbedring i prestasjon ved at deltakerne bruker lengre tid på å nå utmattelse og ved å oppnå lavere absolutte og relative laktatverdier fra pre- til posttesting, noe som kan legges til rette for forbedret prestasjon ved langløpskonkurranse i langrenn. Det vil dermed være interessant å undersøke hvilken effekt kombinert muskulær utholdenhets trening og intervalltrening har på prestasjon i staking, og hvilke mulige endringer i prestasjon dette kan tilskrives hos både kvinner og menn under en testprotokoll som inneholder en lengre submaksimal fase med en avsluttende prestasjonstest for likest mulig å simulere en langløpskonkurranse.

Tester og undersøkelser

Ved starten av prosjektet skal det gjennomføres en tilvenningsdag, hvor forsøkspersonene gjennomgår trening på stakemølle og innføring i teknikk i styrkeapparat. Dette gjør at variasjonene blir mindre ved senere testing. Samme uke blir det testet maksimalt oksygenopptak ved løping og 1RM (repetisjon maksimum) og muskulær utholdenhet i stående staking. Uken etter er det to testdager. Den første dagen blir det gjennomført en maksimal oksygenopptakstest på stakemølle. Den andre dagen skal det gjennomføres en stakeprotokoll på stakemølle, hvor det måles oksygenopptak ved ulike tidspunkt, i tillegg til prestasjon ved en avsluttende prestasjonstest. Etter treningsperioden blir det testet maksimalt oksygenopptak ved løping, 1RM og muskulær utholdenhet i stående staking og stakeprotokoll på stakemølle. Tilsvarende tester blir gjennomført etter at «formtoppingen» er avsluttet, og

prosjektet avsluttes etter disse konkluderende testene. Testene vil være fordelt over ukedagene i de ukene de er satt opp. De konkrete dagene det er snakk om vil bli spesifisert når prosjektstart nærmer seg. Deltagerne vil få valget mellom ulike dager for hver test.

Treningen

Treningen foregår over 6 uker. Dette er trening som enten legges til den treningen som deltageren allerede trener, eller erstatter hardøkter/intervalløkter som allerede trenes.

Muskulær utholdenhetstrening skal trenes i øvelsen stående staking, en øvelse som er relevant for stakebevegelsen i langrenn, fordi den stimulerer rygg- og armmuskulatur på en tilsvarende måte. Det skal trenes 3 sett med 30 repetisjoner av en submaksimal belastning. Dette vil si at en ikke skal trene til utmattelse på hvert sett.

For MUT, hvor det skal trenes intervaller i samme økt som muskulær utholdenhet skal det en økt i uken løpes 3x4 min, og den andre økten løpes 2x6 min. For perioden med bare intervaller skal det trenes 6x4 min en gang i uken, og 4x6 min ved den andre ukentlige treningsøkten. Alle treningsøktene har en varighet på 45- 50 min. Intensiteten på intervallene vil bli bestemt av puls. Det må trenes på NIH hver tredje økt, slik at det skal være mulig for oss å observere treningen. Utenom dette kan det trenes på et valgfritt sted. For KON er det lov å løpe intervaller ute hvis dette er ønskelig.

Mulige ulemper ved å delta i studien

Det er tunge fysiske anstrengelser knyttet til trening og testing i prosjektet, noe som kan oppfattes som ubehagelig for deg som forsøksperson. Til tross for at alle forholdsregler blir opprettholdt og tatt hensyn til, kan skader inntreffe, blant annet som følge av stor belastning. Prosjektet krever at en setter av tid og forholder seg til de avtalene som er inngått. Dette inkluderer at en møter opp til riktig tid. Prosjektet krever også at en retter seg etter forhold som blir bestemt i forhold til kosthold, søvn og rusmidler i forkant av trening og testing.

Mulige fordeler ved å delta i studien

Fordeler ved å delta i studien er du får ta del i omfattende testing av egen fysisk kapasitet og ulike fysiske parameter. Dette inkluderer maksimalt oksygenopptak i løping, høyeste

oksygenopptak ved staking på stakemølle, gjennomføring av en lengre submaksimal staketest, og en trappetrinns prestasjonstest i staking. I tillegg får du se din egen fremgang over 5 og 10 uker. Du vil også få første-persons innblikk i en potensiell viktig fremtidig treningsmetode innen langrenn.

Studiedeltagers ansvar

Ved å si ja til deltagelse i studien har du som deltager ansvar for å møte opp til avtalt tid for å gjennomføre tilvenning og testing. Du må også gjennomføre avtalt trening to ganger i uken i ti uker. Dette er fem uker med intervalltrening, og fem uker med kombinert intervalltrening og muskulær utholdenhetstrening. Som deltager har du ansvar for å informere ansvarlige for prosjektet om eventuelle forhold som kan tenkes å påvirke dine resultater på trening og testing i studien.

Studiedeltagers rettigheter

Deltagerne i studien har rett til å bli orientert så raskt som mulig dersom ny informasjon blir tilgjengelig som kan påvirke deres villighet til å delta i prosjektet. Deltagerne skal også bli underrettet om mulige situasjoner som kan resultere i at deres deltagelse i prosjektet kan bli avsluttet tidligere enn planlagt.

Kapittel B - Personvern, økonomi og forsikring

Personvern

Opplysninger som registreres om deg vil bli behandlet etter regler som gjelder for anonymitet. Det vil derfor kun være opplysninger knyttet til kjønn, vekt, høyde, alder, din totale treningsmengde gjennom studiet, maksimalt oksygenopptak, resultater fra en utmattelsestest gjennomført på rulleski, data fra muskulære utholdenhetstester, maksimale styrketester og aerob kapasitet. Navnet ditt vil aldri bli nevnt i forbindelse med forskningsresultatene, og det vil aldri bli gitt opplysninger om hvem som har deltatt i forsøket.

Datatilgang og datamateriell er kun tilgjengelig for Jostein Hallén, Thomas Losnegard, Bjarne Rud, Jørgen Børve og Steffen Jevne, som alle er ansatte eller studenter ved Norges idrettshøgskole.

NIH ved direktør Lise Sofie Woie er databehandlingsansvarlig.

Rett til innsyn og sletting av opplysninger om deg og sletting av prøver

Sier du ja til å delta i studiet, har du rett til å få innsyn i opplysninger som er tilknyttet deg. Du har også rett til å korrigere eventuelle feilopplysninger registrert på deg. Velger du å trekke deg fra studiet, kan du selv velge om all informasjon og data tilknyttet deg vedrørende studiet slettes, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner.

Økonomi

Studiet er finansiert gjennom forskningsmidler fra Norges Idrettshøgskole.

Forsikring

Du er forsikret gjennom en særskilt forsikringsordning ved Norges idrettshøgskole.

Informasjon om utfallet av studiet

Etter studiet er avsluttet har du rett til å få dine individuelle resultater knyttet til forsøket. Resultatene blir avidentifisert, og kan ikke spores tilbake til deg i det offentlige om studiet publiseres.

Rett til innsyn og sletting av opplysninger om deg og sletting av prøver

Hvis du sier ja til å delta i studien, har du rett til å få innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg. Du har videre rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene vi har registrert. Dersom du trekker deg fra studien, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner.

Samtykke til deltakelse i studien

Jeg er villig til å delta i studien

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

(Signert, rolle i studien, dato)

Vedlegg II

Informasjonsskriv om Muskulær utholdenhetstrening

Ulike typer styrketrening:

Styrketrening kan klassifiseres på bakgrunn av hvor mange repetisjoner som gjennomføres i hver serie. Antall repetisjoner vil være med på å bestemme de tilpasningene som skjer i muskulaturen, og dette vil dermed være noe som kan tilpasses i forhold til hvilken idrett man driver med og hvilke spesifikke ferdigheter man ønsker å forbedre. På denne måten gir få repetisjoner (maksimal styrketrening) størst økning i maksimal muskelstyrke og et middels antall repetisjoner (hypertrofi-trening) størst muskelvekst. Hvis en gjennomfører over 20 repetisjoner per sett vil det ha den beste effekten på muskelens utholdenhet.

Hva er muskulær utholdenhetstrening:

Utholdenheten til en muskel kan testes ved hvor mange repetisjoner man klarer å gjennomføre på en submaksimal belastning, altså med en motstand som er en god del lavere enn det meste man kan klare ved bare 1 repetisjon. Ved en økning i antall repetisjoner på denne belastningen over en treningsperiode har det skjedd en forbedring av den muskulære utholdenheten.

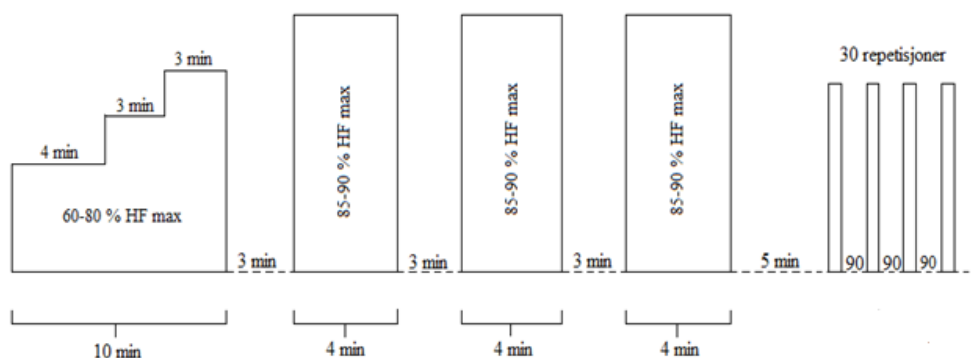
Trening av muskelens utholdenhet skjer på samme måte som annen styrketrening, altså ved å kjøre et visst antall sett og repetisjoner i en styrkeøvelse, og helst med en bestemt pause mellom settene. Det er mange måter å bygge opp en slik treningsøkt på, men det er viktig at totalbelastningen på muskulaturen ikke blir for stor, noe som fort er mulig når en gjennomfører mange repetisjoner. Derfor skal ikke treningen gjennomføres til utmattelse i vårt prosjekt. Tidligere studier har gjennomført tilsvarende trening med alt fra 20- 200 repetisjoner per sett.

Relevans for langrennsprestasjon:

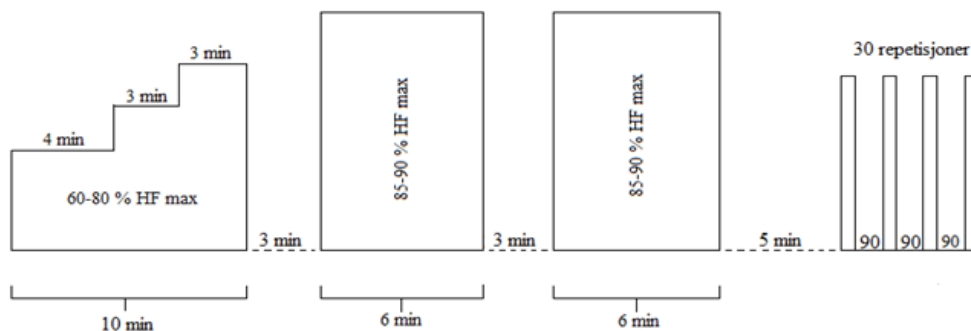
Muskulær utholdenhetstrening har i andre idretter vist blant annet å øke tiden til utmattelse ved en konstant hastighet og redusere blodlaktatnivåene (løping, sykling). Til tross for at det er minimalt med forskning på muskulær utholdenhetstrening og langrenn, viser den mest relevante langrennsstudien som omfatter staketrening (1 min intervaller) en forbedring i kraftproduksjon ved 30 sekunders- og 6 min-tester.

Treningen skal gjennomføres på følgende måte:

Treningsøkten innledes med 10 min generell oppvarming, hvor en gradvis øker intensiteten fra 60 – 80 % av maksimal hjerterefrekvens (4 min rolig – 3 min medium – 3 min medium/hard). Når oppvarmingen er gjennomført, er det 3 min pause før første intervall starter. Aktiv pause ønskes (gå/små-jogge) i de innlagte pausene. Ved intervallene skal det opprettholdes en intensitet tilsvarende 85 – 90 % av maksimal hjerterefrekvens. Om du ikke vet hva din maksimale hjerterefrekvens er, benytter du utregningen 220 slag/minutt minus alder (f.eks. hvis du er tretti år blir regnestykket: $220-30 = 190$). Det skal gjennomføres to intervalløkter i uken kombinert med muskulær utholdenhetstrening, hvor av den ene økten med intervaller skal gjennomføres med 3 drag á 4 min, men den andre skal gjennomføres med 2 drag á 6 min (figur 1 & 2). Pausene mellom intervallene er på 3 min. Etter at intervallene er gjennomført, er det 5 min pause frem til muskulær utholdenhetstrening skal gjennomføres. Her skal belastningen de 2 første ukene være 42,5 % av 1RM. Progresjonen ved muskulær utholdenhetstrening er skjematisk fremstilt i (tabell 1). Det skal gjennomføres 4 sett á 30 repetisjoner. Pausene mellom hvert sett her er 90 s.



Figur 1: En illustrasjon over hvordan *økt 1* skal gjennomføres. Legg merke til at 3 intervaller gjennomføres ved en varighet på 4 min, etterfulgt av 3 min pause mellom hvert intervall. Mellom siste intervall og muskulær utholdenhetstrening er det 5 min pause.



Figur 2: En illustrasjon av hvordan økt 2 gjennomføres. Her gjennomføres 2 intervaller med en varighet på 6 min og 3 min pause mellom dragene. 5 min pause gjennomføres mellom intervallene og den muskulære utholdenhetstreningen.

Tabell 1: En skjematisk fremstilling av verdier som benyttes under økt 1 & 2 når kombinert muskulær utholdenhetstrening skal gjennomføres. Ukedagene er kun et eksempel – det vil si at dere ikke trenger å trene øktene tirsdag og fredag.

	Tirsdag		Fredag	
	Løpeintervaller	Muskulær utholdenhetstrening	Løpeintervaller	Muskulær utholdenhetstrening
Antall	3	4	2	4
Belastning	85-90% av HF max	42,5% av 1 repetisjon maksimum	85-90% av HF max	42,5% av 1 repetisjon maksimum
Varighet	4 min	45-60 sek	6 min	45-60 sek
Pause	3 min	90 sek	3 min	90 sek
Progresjon	-	42,5% uke 1-2	-	42,5% uke 1-2
	-	45% uke 3-4	-	45% uke 3-4
	-	47,5% uke 5-6	-	47,5% uke 5-6

Er noe uklart i forbindelse med opplegget, kontakt oss på: Jørgen 41514121 Steffen: 92658453

Vedlegg III

Infoskriv om Intervalltrening

Hva er intervalltrening?

Intervalltrening foregår på en slik måte at en veksler mellom perioder med arbeid og pauser, og arbeid med veksling i høy og lav intensitet. Intervalltrening kan utformes på mange måter og med stor variasjon i intensitet.

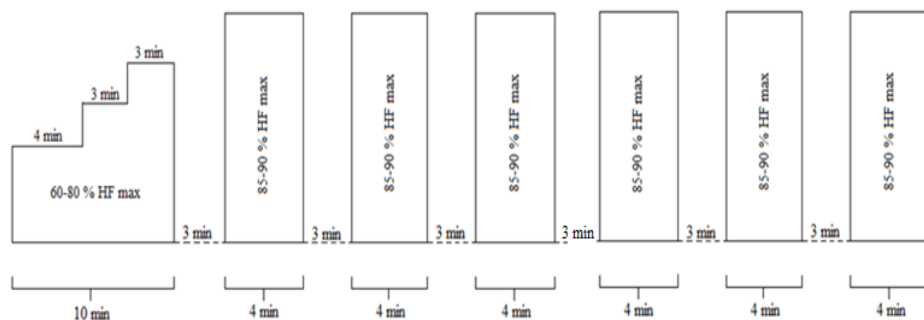
Langintervalltrening er en form for intervalltrening hvor treningen foregår med moderat og høy intensitet. Langintervalltrening er preget av en systematisk veksling mellom arbeidsperioder og hvileperioder. Hver enkelt arbeidsperiode varer normalt sett fra ca. 2 – 15 min. Pausene mellom intervallene bør være kortere enn arbeidsperiode, men lang nok til at du klarer å gjennomføre et nytt intervalldrag med samme intensitet. I utgangspunktet skal pausen være omtrent halvparten av arbeidsperioden. Den totale treningstiden ved en langintervalløkt vil være fra 30 – 60 min, hvor arbeidsperioden varer mellom 20 – 40 min. Med tanke på hjertefrekvens i arbeidsperioden, skal den være 85-90 % av maksimal hjertefrekvens.

Hvorfor intervalltrening?

Det er en sammenheng mellom oksygenopptak og hjertets slagvolum, som vil si hjertets evne til å pumpe blod rundt i kroppen per slag, som igjen påvirkes av økt minuttvolum (mengde blod pumpet ut per minutt) som sørger for mere tilgjengelig oksygen til arbeidende muskulatur. For å trene hjertet må man påføre hjertet høyt stress, det vil si trening hvor man jobber med høy puls. Intervalltrening er effektivt for nettopp å oppnå høy puls, og har vist til å øke prestasjon i utholdenhetsidretter og økt maksimalt oksygenopptak. Det er også viktig å nevne at intervalltrening skal være et supplement til den mengdetreningen som er grunnlaget til økt utholdenhet. Det er viktig å huske at kroppen bruker tid til å restituere seg, og intervalltrening er belastende for sirkulasjonssystemet og den arbeidende muskulatur. I den sammenheng bør det ikke trenes intervalltrening to dager på rad, men med minimum én – helst to hviledager mellom intervalløktene.

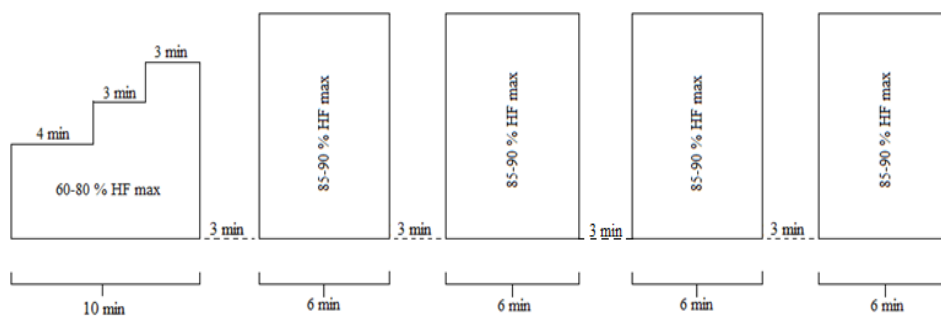
Hva skal du trene under treningsintervensjonen?

Under treningsintervensjonen skal du trene to intervalløkter ved siden av det du allerede trener. Dette vil si – om du allerede har implementert intervalltrening i treningsprogrammet ditt, skal disse/den intervalløkten byttes ut med disse øktene per uke. Om du ikke trener intervalltrening fra før, er det viktig at du trekker fra to økter i uken, slik at treningsbelastningen og treningsmengden blir nogen lunde lik slik den var før intervensjonsstart. **Økt 1 (6 x 4)** innledes med en 10 min lang oppvarming hvor intensiteten gradvis skal øke fra 60-80 % av maksimal hjerterefvens. Om du ikke vet hva din maksimale hjerterefvens er, benytter du utregningen 220 slag/minutt minus alder (f.eks. hvis du er tretti år blir regnestykket: $220 - 30 = 190$). Imellom oppvarmingen og første løpeintervall er det 2 min aktiv pause. Aktiv pause vil si pause i rolig bevegelse (gå/små-jogge). Du skal gjennomføre 6 drag á la 4 min med en belastning på 85-90 % . Om du har 190 i maksimal hjerterefvens vil arbeidsbelastningen være 162-171 slag/min ($190 * 0,85$ og $190 * 0,90$) av maksimal hjerterefvens i arbeidsperioden. Pauseperioden har en varighet på 3 min. I denne perioden er det viktig at du ikke står helt i ro, men er aktiv (gå/rolig jogg) for raskest mulig å eliminere melkesyre. Ned-jogging etter økten er frivillig, men det anbefales at dette gjøres med tanke på eliminasjon av opphopet melkesyre under økte. En oversikt over hvordan **økt 1** gjennomføres er illustrert i **figur 1**.



Figur 1: Oversikt over **økt 1** hvor 6 drag á la 4 min gjennomføres. De første 10 minuttene er en standardisert oppvarming med gradvis økende intensitet. Alle hvileperiodene i intervalløkten er 3 min. Ned jogging etter økten er frivillig, men det anbefales med tanke på å få eliminert opphopet melkesyre.

Økt 2 (4 x 6) innledes på lik linje som økt 1 med en generell oppvarmingssekvens på 10 min. Intensiteten skal gradvis økes fra 60-80 % av maksimal hjerterefrekvens. Oppvarmingen etterfølges av en 3 min aktiv pause (gå/jogge). I arbeidsperioden skal du gjennomføre intervalldrag på 6 min og arbeidsbelastningen skal være 85-90 % av maksimal hjerterefrekvens. I denne økten skal det gjennomføres 4 arbeidsperioder. På lik linje med økt 1 er det frivillig med ned-jogging, men dette anbefales for raskest mulig å eliminere opparbeidet melkesyre. En illustrasjon av økte er fremstilt i **figur 2**.



Figur 2: Oversikt over **økt 2** hvor 4 drag á la 6 min gjennomføres. De første 10 minuttene er en standardisert oppvarming med gradvis økende intensitet. Alle hvileperiodene i intervalløkten er 3 min. Ned jogging etter økten er frivillig, men det anbefales med tanke på å få eliminert opphopet melkesyre.

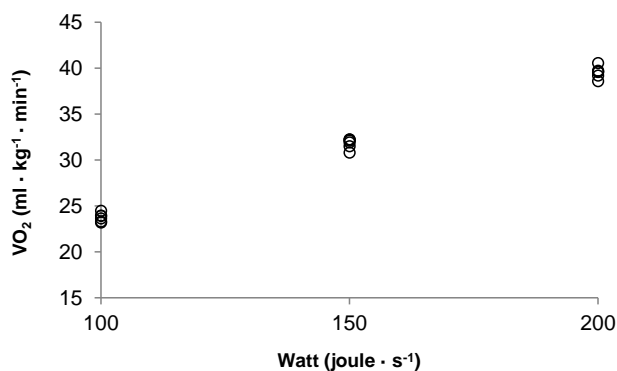
Husk én – og aller helst to hviledager mellom intervalløktene. Er det noe du lurer på, kontakt Jørgen: 41514121 eller Steffen: 92658453.

God trening!

Vedlegg IV

Reliabilitet av ergospirometrisystem:

Reliabiliteten av ergospirometrisystem ble undersøkt av to personer gjennom sykling på standardiserte wattbelastninger på en ergometersykkel (Monark Ergomedic 839E; Monark Exercise AB, Vansbro, Sverige) seks ganger i løpet av prosjektperioden. Wattbelastningene var 100-150-200 W med O₂-krav; 23,8–31,8–39,5 (ml · kg⁻¹ · min⁻¹), med en varighet på 5 min. O₂-kostnaden ble målt som gjennomsnitt mellom 3–5 min. Variasjonskoeffisienten (CV) på ergospirometrisystem som ble benyttet ved samtlige VO₂-målinger under prosjektet var 1,5 % (IKK=0,999) beregnet ut ifra 18 målinger «steady state».



Reliabilitetstest av ergospirometrisystem under prosjektperioden. Hver sirkel indikerer gjennomsnittet av VO₂-målingene til to forskjellige personer på samme absolute arbeidsbelastning (watt).

Estimert reliabilitet av 1RM- og muskulær utholdenhetstest

For å undersøke om en eventuell læringseffekt inntraff i styrketestene, ble reliabiliteten undersøkt ved at to personer gjennomførte fem styrke- og muskulære utholdenhetsprotokoller med 1 ukes pause mellom testen. Samme testprosedyrer og samme utstyr ble brukt som under pre- og posttest (kap. 3.5.4: *1RM- og muskulære utholdenhetstester*). CV i 1RM-testen var 2,0 % (IKK=0,996) beregnet ut i fra ti 1RM styrketester. CV i muskulær utholdenhetstesten var 2,0 % (IKK=0,998) beregnet ut ifra ti muskulære utholdenhetstester gjennomført på samme absolute vektbelastning (kg) under alle testene.

Vedlegg V

Uke	Dato		Utholdenhet - Tid i soner (Ca % av maksipuls)		Treningsformer					
			ROLIG 1 (55-82 %)		MEDIUM 2 (82-87 %)	HARDT 3 (87-100 %)				
			Totaltid (t:min:sek)			Beskrivelse av intervaller	Løping	Rulleski Klassisk		
	Mandag									
	Økt 1:	01:30.00	01:15.00	00:15.00	00:00.00	00:00.00		01:30.00	00:00.00	00:00.00
	Økt 2:	01:00.00	01:00.00	00:00.00	00:00.00	00:00.00		00:00.00	00:00.00	00:00.00
	Tirsdag									
	Økt 1:	01:15.00	00:25.00	00:50.00	00:00.00	00:00.00		00:00.00	00:00.00	00:00.00
	Økt 2:	00:00.00	00:00.00	00:00.00	00:00.00	00:00.00		00:00.00	00:00.00	00:00.00
	Onsdag									
	Økt 1:	02:30.00	02:25.00	00:05.00	00:00.00	00:00.00		00:00.00	00:00.00	00:00.00
	Økt 2:	00:00.00	00:00.00	00:00.00	00:00.00	00:00.00		00:00.00	00:00.00	00:00.00
	Torsdag									
	Økt 1:	01:15.00	00:25.00	00:35.00	00:15.00	00:15.00	Rulleski 6*4 (2 min pause)	00:00.00	00:00.00	00:00.00
	Økt 2:	00:00.00	00:00.00	00:00.00	00:00.00	00:00.00		00:00.00	00:00.00	00:00.00
	Fredag									
	Økt 1:	00:00.00	00:00.00	00:00.00	00:00.00	00:00.00		00:00.00	00:00.00	00:00.00
	Økt 2:	00:00.00	00:00.00	00:00.00	00:00.00	00:00.00		00:00.00	00:00.00	00:00.00
	Lørdag									
	Økt 1:	02:00.00	02:00.00	00:00.00	00:00.00	00:00.00		00:00.00	00:00.00	00:00.00
	Økt 2:	00:00.00	00:00.00	00:00.00	00:00.00	00:00.00		00:00.00	00:00.00	00:00.00
	Søndag									
	Økt 1:	01:15.00	00:25.00	00:35.00	00:15.00	00:15.00	løping 5*5 (2.5 min puse)	01:15.00	00:00.00	00:00.00
	Økt 2:	00:00.00	00:00.00	00:00.00	00:00.00	00:00.00		00:00.00	00:00.00	00:00.00
	Totalt	10:45.00	07:55.00	02:20.00	00:30.00	00:30.00		02:45.00	00:00.00	00:00.00

Rulleski klassisk (spesifikk steking)	Rulleski skøyting	Type rulleski og hjul	Sykling	Annet utholdenhetstrening	Generell styrke (slynge, basis osv.)
00.00.00	00.00.00		00.00.00	00.00.00	00.00.00
00.00.00	00.00.00		00.00.00	00.00.00	01.00.00
01.15.00	00.00.00	klassisk - 2 hjul	00.00.00	00.00.00	00.00.00
00.00.00	00.00.00		00.00.00	00.00.00	00.00.00
00.00.00	00.00.00		02.30.00	00.00.00	00.00.00
00.00.00	00.00.00		00.00.00	00.00.00	00.00.00
01.15.00	00.00.00	klassisk - 2 hjul	00.00.00	00.00.00	00.00.00
00.00.00	00.00.00		00.00.00	00.00.00	00.00.00
00.00.00	00.00.00		00.00.00	00.00.00	00.00.00
00.00.00	00.00.00		00.00.00	00.00.00	00.00.00
00.00.00	02.00.00		00.00.00	00.00.00	00.00.00
00.00.00	00.00.00		00.00.00	00.00.00	00.00.00
00.00.00	00.00.00		00.00.00	00.00.00	00.00.00
00.00.00	00.00.00		00.00.00	00.00.00	00.00.00
00.00.00	00.00.00		00.00.00	00.00.00	00.00.00
00.00.00	00.00.00		00.00.00	00.00.00	00.00.00
02.30.00	02.00.00		02.30.00	00.00.00	01.00.00

Maksimal styrketrening	Muskuler: utholdenhetstrening	Personlig oppfattelse av økten (1-10)
00.00.00 00.00.00	00.00.00 00.00.00	2 5
00.00.00 00.00.00	00.00.00 00.00.00	6
00.00.00 00.00.00	00.00.00 00.00.00	2
00.00.00 00.00.00	00.00.00 00.00.00	
00.00.00 00.00.00	00.00.00 00.00.00	
00.00.00 00.00.00	00.00.00 00.00.00	
00.00.00 00.00.00 00.00.00	00.00.00 00.00.00 00.00.00	

Personlig oppfattelse av økten:

- 1 - Veldig lett
- 2 - Lett
- 3 - Moderat
- 4 - Litt hardt
- 5 - Hardt
- 7 - Veldig hardt
- 10 - Maksimal

Beskrivelse av intervaller:

Tid på hver intervall, antall intervaller, antall sett, pauser mellom intervallene, pauser mellom sett. Ved bare ett sett utelukkes antall sett og pauser mellom sett.

