

Jørgen Børve

Effekten av muskulær utholdenhetstrening på arbeidsøkonomi under et langvarig arbeid i langrenn

- En 6 ukers intervensjonsstudie

Masteroppgave i idrettsvitenskap

Seksjon for fysisk prestasjonsevne
Norges idrettshøgskole, 2016

Sammendrag

Formålet med studien var å undersøke effekten av 6 uker stakespesifikk muskulær utholdenhetstrening på arbeidsøkonomi og prestasjon under langvarig staking hos godt trente langrennsløpere.

Tjueto langrennsløpere (menn = 18, kvinner = 4; alder, 31 ± 4 år; vekt, 77 ± 9 kg; $VO_{2\text{-maks}}$, 64 ± 5 ml·kg⁻¹·min⁻¹) ble fordelt over én gruppe som byttet ut to treningsøkter/uke med en kombinasjon av stakespesifikk muskulær utholdenhetstrening og løpeintervaller (MUH, n=11), og én kontrollgruppe som byttet ut to treninger/uke med løpeintervaller (KON, n=11). Muskulær utholdenhet (antall repetisjoner) og én repetisjon maksimum (IRM) ble testet i samme øvelse som MUH trente på. Testing av staking på tredemølle bestod av 50 min submaksimalt arbeid etterfulgt av en 1000m prestasjonstest. O₂-kostnad ved tre ulike submaksimale hastigheter ble brukt til måle arbeidsøkonomi. Høyeste målte oksygenopptak ved 1000m-test ble ansett som $VO_{2\text{-peak-staking}}$.

Treningsvolum per person gjennom prosjektet var 7 ± 3 t/uke. MUH forbedret muskulær utholdenhet (23 ± 22 %; $p < 0,05$; ES: 0,99) og IRM (4 ± 4 %; $p < 0,01$; effektstørrelse (ES): 0,17) sammenlignet med KON. Det var imidlertid ingen forskjell i O₂-kostnad mellom gruppene ved staking på submaksimal hastighet selv om MUH hadde reduksjon i forhold til preverdi (-2 ± 3 %; $p < 0,05$). MUH forbedret tiden på 1000m-test i forhold til preverdi (5 ± 5 %; $p < 0,05$), og tiden tenderte til å være bedre sammenlignet med KON (4 ± 5 %; $p = 0,06$; ES: -0,22). Det var ingen endring i $VO_{2\text{-peak-staking}}$ i noen av gruppene.

Forbedring av stakespesifikk muskulær utholdenhet og maksimal styrke førte ikke til bedret arbeidsøkonomi under langvarig submaksimalt arbeid sammenlignet med kontrollgruppen. En tendens til bedre prestasjon på 1000m staketest umiddelbart etter det submaksimale arbeidet, indikerer imidlertid at slik trening kan være nyttig inn mot konkurranse.

Forord

Dette prosjektet kunne ikke blitt gjennomført uten min *partner in crime* Steffen Jevne. Du nøyter deg aldri med det som er nest best, men legger alltid inn timene som skal til for å oppnå det beste. Jeg setter stor pris på vårt vennskap og samarbeid.

En meget stor takk skal rettes til hovedveileder Thomas Losnegard. Du har utfordret og engasjert meg gjennom en uendelig jakt på svaner. Du er virkelig god til å trykke på de rette knappene for å få studenter til å yte sitt beste. Men at jeg klarte å overbevise deg om at en bergenser kan skrive om langrenn, forundrer meg fremdeles.

Takk til medveileder Bjarne Rud for mange gode ideer og konstruktive tilbakemeldinger. Enten det er detaljer i skriveprosessen eller problemer med apparaturen, stiller du alltid opp.

Takk til Svein Leirstein for opplæring i laboratorietesting og Vidar Jakobsen for teknisk assistanse.

Prosjektet hadde aldri vært gjennomførbart hvis det ikke var for våre fantastiske forsøkspersoner. Dere møtte opp både tidlig og seint til beinhard testing og trening. Det er nydelig å se råskapen komme frem! Lykke til med all trening og konkurranse i fremtiden.

Jørgen Børve

Sognsvann, mai 2016

Innhold

1. Innledning	7
1.1 Problemstilling	7
2. Teori	8
2.1 Bestemmende faktorer for langrennsprestasjon	8
2.1.1 Maksimalt oksygenopptak	8
2.1.2 Utnyttingsgrad	10
2.1.3 Arbeidsøkonomi	11
2.1.4 Anaerobt energibidrag	13
2.1.5 Kjønnforskjeller	13
2.2 Trening av styrke og muskulær utholdenhet	13
2.2.1 Maksimal styrke	15
2.2.2 Muskulær utholdenhet	15
2.3 Styrke-utholdenhets-spekteret og utholdenhetsprestasjon	16
2.3.1 Styrketrening	16
2.3.2 Muskulær utholdenhetstrening	17
2.3.3 Prestasjonsbegrensninger ved samtidig utholdenhets- og styrketrening	18
2.4 Langvarig submaksimalt arbeid.....	19
3. Metode	21
3.1 Forsøkspersoner.....	21
3.2 Eksperimentelt design	21
3.3 Utstyr og kalibreringer.....	22
3.4 Testbeskrivelser	23
3.4.1 Tilvenning.....	23
3.4.2 Maksimalt oksygenopptakstest i løping.....	24
3.4.3 Styrketester	25
3.4.4 Stakeprotokoll.....	26
3.5 Trening.....	29
3.6 Statistikk	30
4. Resultater	32
4.1 Trening i perioden	32

4.2	Maksimal styrke og muskulær utholdenhet	34
4.3	Submaksimale tester	34
4.3.1	Arbeidsøkonomi og hjerterefreknens	34
4.3.2	Opplevd anstrengelse	36
4.3.3	Stakefreknens	37
4.4	Prestasjonstest i staking	37
4.5	Høyeste aerobe hastighet	38
4.6	Korrelasjoner	39
4.6.1	Endring i O ₂ -kostnad, muskulær utholdenhet og 1RM	39
4.6.2	Endring i 1000m-tid, O ₂ -kostnad og aerob hastighet	39
5.	Diskusjon	41
5.1	Muskulær utholdenhet	41
5.2	Maksimal styrke	43
5.3	Arbeidsøkonomi ved submaksimalt arbeid	43
5.4	Effekt av muskulær utholdenhetstrening på stakeprestasjon	46
5.5	Høyeste aerobe hastighet	50
5.6	Sammenhenger	50
5.7	Begrensninger ved studien	51
5.8	Praktiske implikasjoner	52
6.	Konklusjon	54
	Referanseliste	55
	Tabelloversikt	70
	Figuroversikt	71
	Forkortelser	73
	Vedlegg	74

1. Innledning

Staking har gjennom de siste tiårene vokst frem som en ledende teknikk innen klassisk langrenn i både verdenscup og langløp. Bedre preparering av løyper og utvikling av utstyr har tilrettelagt for staking som «høyhastighetsteknikk», blant annet fordi det i flate partier og slak motbakke er mer arbeidsøkonomisk enn diagonalgang (Holmberg, Lindinger, Stöggl, Eitzlmair, & Müller, 2005). Stakeprestasjon har vist høy til meget høy korrelasjon med maksimal effektproduksjon og styrke i overkroppsmuskulatur (Alsobrook & Heil, 2009; Losnegard et al., 2011; Stöggl, Lindinger, & Müller, 2007) og ved siden av teknikk (Holmberg et al., 2005) er dette i stor grad relatert til spesifikk styrke og utholdenhet i overkropp (S. Østerås et al., 2016). Mangel på tilstrekkelig energiomsetning i overkroppen ved økt ytre motstand tyder dog på et uutnyttet aerob potensial sammenlignet med underkroppen (Bojsen-Møller et al., 2010; Rud, Secher, Nilsson, Smith, & Hallén, 2014). En klar treningsmetode for å utnytte dette potensialet er ikke identifisert.

Flere studier har sett på effekten av maksimal styrketrening på stakeprestasjon (Hoff, Helgerud, & Wisloff, 1999; Hoff, Gran, & Helgerud, 2002; Losnegard et al., 2011; Skattebo, Hallén, Rønnestad, & Losnegard, 2015; H. Østerås, Helgerud, & Hoff, 2002) men med varierende konklusjoner, og den eneste publiserte studien på muskulær utholdenhetstrening og langrenn gir uklare resultater (Welde, 2006). På bakgrunn av denne ensidige og mangelfulle forskningen er det nødvendig å klargjøre effekten av muskulær utholdenhetstrening på arbeidsøkonomi og prestasjon i staking.

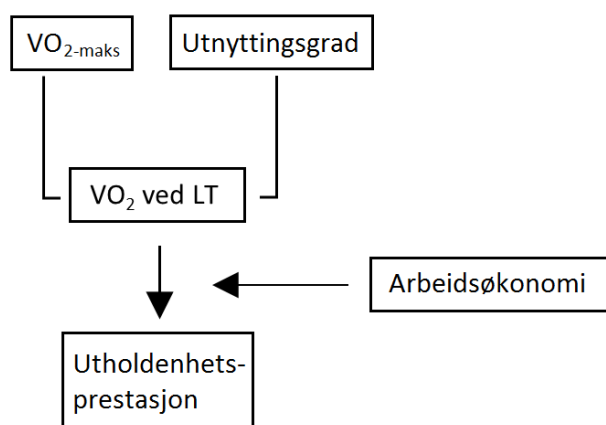
1.1 Problemstilling

Hvordan vil stakespesifikk muskulær utholdenhetstrening påvirke godt trente langrennsløpere med hensyn til arbeidsøkonomi under langvarig submaksimal staking samt prestasjon under en påfølgende 1000m-test?

2. Teori

2.1 Bestemmende faktorer for langrennsprestasjon

Prestasjon i langrenn bestemmes hovedsakelig av maksimalt oksygenopptak ($VO_{2\text{-maks}}$), utnyttelsesgrad og arbeidsøkonomi (Bassett & Howley, 2000) (se figur 2.1), mens anaerobt energibidrag får en økende betydning når konkurransetiden reduseres (Losnegard & Hallén, 2014). Psykiske faktorer som taktikk og motivasjon vil også påvirke prestasjon (Sandbakk & Holmberg, 2014), mens teknikk vil indirekte påvirke prestasjon gjennom andre faktorer. Stakebevegelsen omfatter mange muskelgrupper som utfører en dynamisk ekstensjon-fleksjonsbevegelse. Kjerne- og hoftemuskulatur starter bevegelsen, fulgt av skuldre og armer (Holmberg et al., 2005; Nilsson, Jakobsen, Tveit, & Eikrehagen, 2003).



Figur 2.1. Forenklet oversikt over bestemmende faktorer for aerob utholdenhetsprestasjon, basert på Bassett og Howley (2000).

2.1.1 Maksimalt oksygenopptak

$VO_{2\text{-maks}}$ er den største mengden oksygen kroppen kan ta opp og nyttiggjøre seg under hard fysisk anstrengelse (Bassett & Howley, 2000; Wenger & Bell, 1986). Dagens paradigme tilsier at sentrale faktorer er begrensende for $VO_{2\text{-maks}}$ (Bassett & Howley, 1997, 2000). Under normale forutsetninger vil sirkulasjonssystemets manglende evne til

å transportere oksygen til den arbeidende muskulaturen være et resultat av at hjertets slagvolum har nådd sin øvre grense (Cerretelli & Prampero, 1987; Richardson & Saltin, 1998; Saltin, 1985; Tesch, 1985). Oksygenopptaket kan beskrives ved Fick's ligning (Hughson, 2009; Jones & Poole, 2005):

$$\dot{V}O_2 = Q \cdot (C_a - C_v) \cdot O_2,$$

hvor Q er hjertets minuttvolum (frekvens · slagvolum) og C_a og C_v er oksygenkonsentrasjonene i henholdsvis den arterielle og venøse blodstrømmen.

$VO_{2\text{-maks}}$ er en avgjørende faktor for langrennsprestasjon (Losnegard, 2013; Mahood, Kenefick, Kertzer, & Quinn, 2001), og i heterogene utvalg er det funnet høy korrelasjon mellom $VO_{2\text{-maks}}$ og prestasjon i langrenn (Ingjer, 1991; Mahood et al., 2001; Sandbakk, Welde, & Holmberg, 2011). I homogene grupper er det liten korrelasjon mellom de to variablene, noe som viser at andre faktorer enn $VO_{2\text{-maks}}$ også spiller en stor rolle for utholdenhetsprestasjon, spesielt på høyt nivå (Mahood et al., 2001). $VO_{2\text{-maks}}$ viser en økende korrelasjon med langrennsprestasjon når konkurransetiden øker (S. Østerås et al., 2016).

Stakespesifikk $VO_{2\text{-peak}}$ er blant godt trente langrennsløpere funnet å være ~10–15 % lavere enn $VO_{2\text{-maks}}$ målt ved løping (Holmberg, Rosdahl, & Svedenhag, 2007; Losnegard, Schäfer, & Hallén, 2014; Sandbakk, Ettema, & Holmberg, 2014). For $VO_{2\text{-peak-staking}}$ er det perifere faktorer som er begrensende for aerob energiproduksjon. Til tross for at det er tilstrekkelig oksygen i blodstrømmen er det begrensninger knyttet til overkroppsmuskulaturens oksidative kapasitet, blant annet diffusjonstid og -areal (Calbet et al., 2005; Rud, 2011). Det er likevel vist meget høy (Mygind, Larsson, & Klausen, 1991) og høy (Rundell & Bacharach, 1995) korrelasjon mellom det høyeste oksygenopptaket målt ved de to bevegelsesformene. $VO_{2\text{-peak}}$ ved diagonalgang i motbakke på tredemølle er blant elitelangrennsløpere funnet å være ~3–5 % høyere enn ved løping, noe som er et resultat av stor aktiv muskelbruk og bevegelsestrent muskulatur (Strømme, Ingjer, & Meen, 1977). Langrenn er blant utholdenhetsidrettene hvor eliteutøverne har høyest $VO_{2\text{-maks}}$ (Åstrand, Rodahl, Dahl, & Strømme, 2003), med

målinger opp mot $90 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ for menn (♂) og $80 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ for kvinner (♀) (Losnegard, Myklebust, Spencer, & Hallén, 2013).

Absolutt $\text{VO}_{2\text{-maks}}$ ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$) har i flere studier oppnådd en høyere korrelasjon med langrennsprestasjon enn relativ $\text{VO}_{2\text{-maks}}$ ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), noe som har ført til anbefalinger om en alternativ og mer presis utregningsmetode for maksimalt oksygenopptak hos langrennsløpere ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-2/3}\cdot\text{min}^{-1}$) (Ingjer, 1992; Larsson, Olofsson, Jakobsson, Burlin, & Henriksson-Larsén, 2002). Andre funn viser til lavere korrelasjon ved alternativ utregning, men høyere sammenheng ved bruk av $\text{VO}_{2\text{-peak-staking}}$ i stedet for $\text{VO}_{2\text{-maks}}$ (Staib, Im, Caldwell, & Rundell, 2000). Forholdet mellom oksygenopptak og vekt i langrenn ser ut til å være påvirket av konkurransetid og distanse (Losnegard, 2013).

2.1.2 Utnyttingsgrad

Utnyttelsesgrad betegner hvor tett opp mot $\text{VO}_{2\text{-maks}}$ en utøver kan ligge over en gitt tidsperiode, og ved økende varighet vil utnyttelsesgraden reduseres (Åstrand et al., 2003). Meget godt trente langrennsløpere kan arbeide på 85 % av $\text{VO}_{2\text{-peak}}$ i over 60 min (Åstrand et al., 2003). Welde, Evertsen, Von Heimburg, og Medbø (2003) målte oksygenopptak i klassisk og skøyting i en kupert, seks km løype. I begge stilarter tilsvarte gjennomsnittlig oksygenopptak 84 % av $\text{VO}_{2\text{-peak}}$ målt ved diagonalgang.

Utnyttingsgrad tar lang tid å forbedre, og mekanismene bak er lite kjent. Langsomme muskulære adaptasjoner kan være en mulighet (Vollaard et al., 2009), og siden substratbruk i muskulaturen er avgjørende ved langvarig arbeid, kan økt lipidforbrenning og dermed sparing av glykogenlagrene være en gunstig adaptasjon (Åstrand et al., 2003). Det er funnet sammenhenger mellom utnyttelsesgrad og prestasjon i flere utholdenhetsidretter (Losnegard, 2013), og det har blitt foreslått at forskjeller i prestasjon i sprintlangrenn er grunnet ulikheter i utnyttingsgrad (Sandbakk, Holmberg, Leirdal, & Ettema, 2011). Andre studier har dog ikke funnet korrelasjoner mellom de to (Losnegard, Myklebust, & Hallén, 2012).

Laktatterskel (LT) er den høyeste belastningen hvor laktatproduksjon ikke overstiger laktateliminering (Faude, Kindermann, & Meyer, 2009) og blir brukt som et mål på utnyttingsgrad. Ved kontinuerlig belastning over LT vil produksjon av metabolitter i muskelvevet føre til utmattelse (Fitts, 1994). LT er blitt vist å korrelere med prestasjon i langrenn (Mahood et al., 2001) og utholdenhetsidretter generelt (Faude et al., 2009).

2.1.3 Arbeidsøkonomi

Arbeidsøkonomi defineres som mengden energi brukt over en distanse ved en gitt belastning (Di Prampero, 2003) og kan beregnes ved ulike metoder (Losnegard, 2013; Sandbakk, Holmberg, Leirdal, & Ettema, 2010). Ved *gross efficiency* (GE) beregnes det ytre arbeidet som blir utført, i forhold til den indre energiproduksjonen (Bassett & Howley, 2000; Sandbakk et al., 2010; Sidossis, Horowitz, & Coyle, 1992). O₂-kostnad beskriver arbeidsøkonomi som oksygenopptaket ved en gitt ytre belastning, altså hvor mye oksygen som brukes for å opprettholde den ytre belastningen (Bassett & Howley, 2000; Saunders, Pyne, Telford, & Hawley, 2004). Ved submaksimale belastninger er forholdet mellom ytre belastning og O₂-kostnad lineært (Bassett & Howley, 2000; Medbø et al., 1988; Noordhof, De Koning, & Foster, 2010). Arbeidsøkonomi angitt ved O₂-kostnad kan kritiseres for ikke å ta hensyn til kroppens totale energiproduksjon (Losnegard, 2013), men i både staking og dobbeldans er det funnet nesten perfekte korrelasjoner mellom GE og O₂-kostnad (Losnegard et al., 2014).

For å oppnå valide O₂-målinger som reflekterer den ytre belastningen, må oksygenopptaket ha nådd *steady state*. En forsinkelse i oksygenopptaket gjør at dette tar 1–2 min ved små intensitets-økninger og >3 min ved moderate/store økninger (Hughson, 2009; Krogh & Lindhard, 1913; Whipp & Wasserman, 1972). Ved ytre belastning over laktatterskel vil korrelasjon mellom O₂-kostnad og belastning bli svekket (Noordhof et al., 2010). Da vil oksygenopptak ikke oppnå *steady state* men fortsette å stige gradvis, noe som betegnes som VO₂ *slow component* (Jones et al., 2011).

Det er funnet en sterk sammenheng mellom arbeidsøkonomi og langrennsprestasjon i både klassisk- og skøyteknikker (Ainegren, Carlsson, Tinnsten, & Laaksonen, 2013);

Mahood et al., 2001; G. P. Millet, Boissiere, & Candau, 2003; G. Y. Millet, Perrey, Candau, & Rouillon, 2002; Sandbakk et al., 2010; Sandbakk, Holmberg, et al., 2011). Ikke alle studier underbygger dette (Losnegard et al., 2014), men det er muligens grunnet stor homogenitet i gruppen. Arbeidsøkonomi kan i noen tilfeller være delaktig i å forklare forskjeller i prestasjon i homogene grupper hvor $VO_{2\text{-maks}}$ er lik (Bassett & Howley, 1997).

Arbeidsøkonomi er bevegelsesspesifikk og varierer fra person til person (Bassett & Howley, 2000). Det er observert at godt trente utøvere har høy GE og lav O_2 -kostnad sammenlignet med svakere utøvere målt ved samme submaksimale belastning (Ainegren et al., 2013; Losnegard et al., 2014; Sandbakk, Holmberg, et al., 2011), noe som tyder på at arbeidsøkonomi er trenbart. Det er kompliserte fysiologiske mekanismer som påvirker arbeidsøkonomi og mulig forbedring av dette, blant annet teknikk og intracellulære metabolske adaptasjoner (G. Y. Millet et al., 2002; Saunders et al., 2004). Nilsson, Holmberg, Tveit, og Hallén (2004) testet effekten av 20 og 180 s intervaller på blant annet arbeidsøkonomi i stake-ergometer. Gruppene opplevde forbedringer på henholdsvis 9 og 7 %, noe som i studien kobles til en mulig forbedring av *rate of force development*.

Det er funnet redusert O_2 -kostnad ved reduksjon i stakefrekvens fra 1,2 til 1 og 0,75 stakesykluser per sekund (Hz) (Lindinger & Holmberg, 2011). På en annen side er det ved 85 % av $VO_{2\text{-maks}}$ funnet tekniske forskjeller mellom elite-utøvere i verdenstoppen og på landslagsnivå, hvor de beste hadde større vinkelhastigheter og mindre minste vinkel i hofte- og albueledd, noe som resulterte i høyere stakefrekvens (Holmberg et al., 2005). Ved hastighetsøkning til en høyere submaksimal hastighet økes stakefrekvensen mens sykluslengde holdes stabil (G. Y. Millet, Hoffman, Candau, & Clifford, 1998; Stöggl & Müller, 2009). Ved økning til maksimal hastighet er det sannsynlig at sykluslengden reduseres, men at stakefrekvensen økes ytterlige (G. Y. Millet et al., 1998; Stöggl et al., 2007). De fleste kinematiske stakeanalyser er gjort med utøveren i uthvilt tilstand eller gjennom korte tester. Det er derimot få som har sett på stakefrekvens under en lenger submaksimal test.

2.1.4 Anaerobt energibidrag

For å kontinuerlig tilfredsstill energikravet ved fysisk aktivitet vil anaerobe prosesser ta over resyntetisering av adenosintrifosfat (ATP) når det ikke er tilstrekkelig oksygen i muskulaturen (Medbø et al., 1988). Dette omfatter både glykolytisk ATP-produksjon og ATP-dannelse ved splitting av kreatinfosfat (CrP) (Bangsbo, 1998; Gustin, 2001; Åstrand et al., 2003). Over korte distanser vil anaerobe energisystem være mer avgjørende enn ved lengre konkurranser, men all aktivitet benytter energi fra begge system (Gustin, 2001).

Ved 170 s maksimalt arbeid i langrenn er det rapportert om et anaerobt bidrag på 26 % (Losnegard et al., 2012), hvor prestasjon korrelerte bedre med anaerobt bidrag enn med $VO_{2\text{-maks}}$ og O_2 -kostnad. Ved 600 m staking (187 s) var det anaerobe bidraget ca. 22 %, noe som korrelerte med prestasjon blant kvinner men ikke blant menn (McGawley & Holmberg, 2014). Ved 1000 m maksimalt arbeid hadde sprintspesialister høyere absolutt og relativt O_2 -underskudd enn langdistanseløpere (Losnegard & Hallén, 2014), noe som underbygger betydningen av anaerob energi i sprintlangrenn kontra distanselangrenn. Blant løpere har det blitt registrert en økning på 10 % i O_2 -underskudd etter 6 uker med intervalltrening (Medbø & Burgers, 1990).

2.1.5 Kjønnforskjeller

I utholdenhetsidretter blir det anslått at menn presterer ~9–12 % bedre enn kvinner på samme relative nivå (Coast, Blevins, & Wilson, 2004; Sandbakk et al., 2014; Seiler, De Koning, & Foster, 2007), men ved stor involvering av overkroppsmuskulatur vil kjønnforskjellen øke (Sandbakk et al., 2014; Seiler et al., 2007). Staking, skøyting og diagonalgang har vist forskjeller i topphastighet mellom kjønnene på henholdsvis 20, 17 og 14 % (Sandbakk, Ettema, Leirdal, & Holmberg, 2012; Sandbakk et al., 2014).

2.2 Trening av styrke og muskulær utholdenhet

Styrke er knyttet til det å skape størst mulig kraft i én bevegelse ved en gitt hastighet, og styrketrening omfatter all trening rettet mot å utvikle eller vedlikeholde denne egenskapen (Raastad, Paulsen, Refsnes, Rønnestad, & Wisnes, 2010). Trening med over

15–20 repetisjoner per sett blir definert som muskulær utholdenhetstrening. Dette repetisjonsintervallet vil i liten grad forbedre maksimal styrke men kan ha en positiv effekt på arbeidstid ved relativt intensivt arbeid (Raastad et al., 2010). Det er dog ingen klar grense mellom hva litteraturen definerer som styrke- og muskulær utholdenhetstrening. Dette begrunnes blant annet med et *strength endurance continuum*, hvor antall repetisjoner per treningssett påvirker adaptasjoner i muskulaturen i en glidende overgang (Fleck & Kraemer, 2014).

Faktorer i muskel, skjelett og nervesystem bestemmer muskelstyrke (Raastad et al., 2010). Den viktigste faktoren er den arbeidende muskelens tverrsnitt, og det er stor korrelasjon mellom muskeltverrsnitt og muskelstyrke (Maughan, Watson, & Weir, 1983; Schantz, Randall-Fox, Hutchison, Tydén, & Åstrand, 1983). Fibertypesammensetning og konsentrasjon av kontraktile proteiner er også sentralt (Raastad et al., 2010). Nevrale faktorer består blant annet av muskelfiberrekruttering, fyringsfrekvens av aksjonspotensial og koordinering av muskler og muskelgrupper (Raastad et al., 2010). Ved starten av en styrketreningsperiode er dette adaptasjonene som skjer hurtigst, og de er dermed grunnen til økningen i muskelstyrke som ofte blir vist i starten av et styrketreningsprogram til tross for mangel på endring av muskeltverrsnittet (Vollaard et al., 2009).

Trening innen ulike områder av *strength endurance continuum* medfører ulike intracellulære adaptasjoner i muskelvev. Maksimal styrketrening kan føre til økt muskeltverrsnitt og –masse (Campos et al., 2002; Chestnut & Docherty, 1999; McCall, Byrnes, Dickinson, Pattany, & Fleck, 1996), reduksjon i kapillærtetthet (Baechle & Earle, 2008) og endring av muskelfibertypesammensetning (Kraemer, Deschenes, & Fleck, 1988; Raastad et al., 2010). Ved et høyere antall repetisjoner vil disse adaptasjonene endres mot mindre muskelvekst og opprettholdelse/økning av kapillærtetthet (Campos et al., 2002; Åstrand et al., 2003). Fibertype I er viktig for utholdenhetsprestasjon, hovedsakelig på grunn av deres høye oksidative kapasitet, og det er observert en høyere andel sakte muskelfibre blant utholdenhetstrening utøvere sammenlignet med utrente (Costill et al., 1976; Gollnick, Armstrong, Saubert, Piehl, & Saltin, 1972).

2.2.1 Maksimal styrke

For å oppnå en betydelig økning i styrke bør treningsmotstanden være >60 % av 1RM (Raastad et al., 2010), men trening med motstand på 15 % er også rapportert å øke maksimal styrke (Moss, Refsnes, Abildgaard, Nicolaysen, & Jensen, 1997). Det optimale antallet repetisjoner for maksimal økning i styrke er 5–6 (Kraemer et al., 2002). Det er funnet forskjell i økning i 1RM i styrkeøvelser for både overkropp og underkropp mellom grupper som over 7–8 uker trente henholdsvis få (3–8) repetisjoner og mange (20–36) repetisjoner (Anderson & Kearney, 1982; Campos et al., 2002; Holm et al., 2008; Weiss, Conex, & Clark, 1999). Samtidig er det også studier hvor det ikke var forskjell i 1RM-økning mellom grupper som trente få (6–8) og mange (30–40) repetisjoner over 9 uker (Stone & Coulter, 1994). I alle de nevnte studiene hadde gruppen som trente mange repetisjoner, økning i 1RM. 1RM økte med 2 % i en studie hvor godt trente roere trente muskulær utholdenhet for hele kroppen (15–30 repetisjoner per sett) i 8 uker, men en tilsvarende gruppe som trente maksimal styrke, oppnådde en økning på 9 % (Gallagher, DiPietro, Visek, Bancheri, & Miller, 2010).

2.2.2 Muskulær utholdenhet

Muskulær utholdenhet testes ved å gjennomføre repetisjoner til utmattelse ved en gitt submaksimal belastning. Testbelastning tilpasses øvelse, involverte muskelgrupper, og treningsstatus (Clarke & Irving, 1960). Raastad et al. (2010) anbefaler en testmotstand på 40–70 % av 1RM. Tester med motstand på 45–60 % er brukt som muskulære utholdenhetstester i litteraturen, noe som resulterer i ca. 15–100 repetisjoner (Campos et al., 2002; Stone & Coulter, 1994). I enkelte treningsstudier er det funnet forbedring i muskulær utholdenhet sammenlignet med en kontrollgruppe, (Campos et al., 2002) mens i andre studier er det ingen forskjell (Anderson & Kearney, 1982; Stone & Coulter, 1994). Til tross for at det i flere studier er trent muskulær utholdenhet, er det testing av 1RM og utholdenhetsprestasjon som har stått i fokus, og det har sjelden blitt testet muskulær utholdenhet. Vår studie er dermed den første som ser på endring av muskulær utholdenhet etter 6 uker med muskulær utholdenhetstrening.

2.3 Styrke-utholdenhets-spekteret og utholdenhetsprestasjon

2.3.1 Styrketrening

Det er gjennomført en rekke studier på effekten av maksimal (Hoff et al., 1999; Hoff et al., 2002; Losnegard et al., 2011; Rønnestad, Kojedal, Losnegard, Kvamme, & Raastad, 2012; Skattebo et al., 2015; H. Østerås et al., 2002) og eksplosiv (Mikkola, Rusko, Nummela, Paavolainen, & Hakkinen, 2007; Paavolainen, Hakkinen, & Rusko, 1991) styrketrening på langrennprestasjon og/eller mål på langrennsprestasjon.

Stakeprestasjon ble testet i fem av de nevnte studiene, mens skøyteprestasjon ble testet i to. Med unntak av Paavolainen et al. (1991) økte treningsgruppen i alle studiene 1RM i styrkeøvelsene. Hoff et al. (1999), Hoff et al. (2002) og H. Østerås et al. (2002) fant forskjeller i prestasjonsendring (økt tid til utmattelse (TTU)) mellom styrke- og kontrollgruppen, men i Mikkola et al. (2007), Losnegard et al. (2011), Rønnestad et al. (2012) og Skattebo et al. (2015) var det ingen endring. Den samme testen og det samme stake-ergometeret ble brukt i de tre studiene som viste fremgang. Skattebo et al. (2015) testet prestasjon etter langvarig submaksimalt arbeid, mens de andre prestasjonstestene er gjort fra uthvilt tilstand eller etter lengre pauser. En oppsummering av studier gjort på langrenn og styrke/muskulær utholdenhetstrening er vist i figur 2.2.

Det er også gjort mye forskning på maksimal/eksplosiv styrketrening og utholdenhetsprestasjon i andre utholdenhetsidretter, blant annet i løping. Hovedfunnet i mange av disse studiene er forbedret arbeidsøkonomi (Berryman, Maurel, & Bosquet, 2010; Johnston, Quinn, Kertzer, & Vroman, 1995; Paavolainen, Hakkinen, Hamalainen, Nummela, & Rusko, 1999; Spurrs, Murphy, & Watsford, 2003; Støren, Helgerud, Stoa, & Hoff, 2008), men noen fant også prestasjonsforbedring (Berryman et al., 2010; Paavolainen et al., 1999; Spurrs et al., 2003). Innen sykkel er det i en metaartikkel av Montero og Lundby (2015) konkludert med at styrketrening forbedrer arbeidsøkonomi blant godt trente. Flere har også funnet forbedring i prestasjon (Aagaard et al., 2011; Bastiaans, van Diemen, Veneberg, & Jeukendrup, 2001; Rønnestad, Hansen, & Raastad, 2010, 2011). Det var ingen prestasjonsforbedring i Jackson, Hickey, og Reiser (2007) eller Levin, McGuigan, og Laursen (2009).

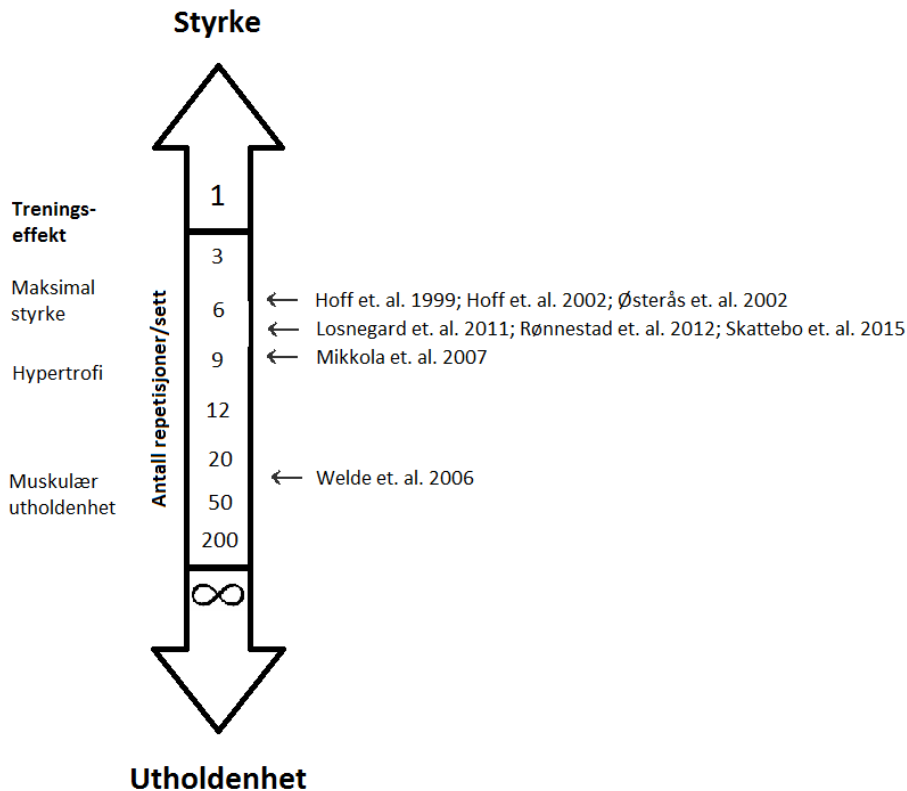
2.3.2 Muskulær utholdenhetstrening

Et begrenset utvalg studier ser på muskulær utholdenhet og prestasjon i utholdenhetsidretter, og det er bare funnet ett tilgjengelig studie som ser på muskulær utholdenhetstrening og langrennsprestasjon. I Welde (2006) sammenlignes effekten av 6 og 30 repetisjoner/sett. 37 ungdomsløpere i norgestoppen gjennomførte her et helkroppsprogram tre ganger i uken. Både kvinner og menn var inkludert, og i tillegg til en fordeling basert på antall repetisjoner per sett, trente halvparten av forsøkspersonene i 9 uker, mens de resterende trente i 5 måneder. Idrettsspesifikk prestasjon ble testet i en *time trial* i skøyting, hvor kvinner og menn gikk henholdsvis 7 og 10 kilometer. Det var forbedring i tid fra pre- til posttest ved alle forsøkspersonene sett under ett. Det var ingen forskjell i forbedring mellom dem som trente 6 og 30 repetisjoner, men det var tendenser til forbedring i begge grupper ($p < 0,1$). Gruppen som trente 5 måneder hadde signifikant større fremgang enn gruppen som trente i 9 uker.

Sedano, Marin, Cuadrado, og Redondo (2013) testet effekten av 20 repetisjoner/sett på trente langdistanseløpere, og fire underkroppsovelser ble trent i 12 uker. Resultatene viste forbedring av arbeidsøkonomi ved 12 km/t, men en annen gruppe som trente 7 repetisjoner/sett med eksplosiv styrke, viste også denne forbedring. Sistnevnte gruppe hadde også forbedring i tid på 3 km løping, i motsetning til muskulær utholdenhetsgruppen. Mikkola et al. (2011) testet $VO_{2\text{-maks}}$ og løpsprestasjon for middels trente maratonløpere som ble fordelt i grupper som trente henholdsvis muskulær utholdenhet, maksimal styrke eller eksplosiv styrke. Alle gruppene forbedret LT og TTU ved en progressiv løpstest. I studien blir det konkludert med at det er neurale tilpasninger som forårsaket forbedring for alle gruppene.

To studier er gjort på muskulær utholdenhetstrening og ro-prestasjon. Ebben et al. (2004) fant at nybegynnere hadde størst effekt av muskulær utholdenhetstrening (15–32 repetisjoner), mens godt trente roere hadde størst effekt av maksimal styrketrening (5–12 repetisjoner). Denne studien ble gjort på kvinner. I et ro-studie gjort på godt trente menn, fant Gallagher et al. (2010) ingen forskjell i forbedring i 2000 m ergometerroing mellom kontrollgruppen, styrkegruppen (1–5 repetisjoner) og muskulær utholdenhetsgruppen (15–30 repetisjoner), men alle gruppene hadde forbedring i tid.

Totalt sett gir de nevnte studiene ingen klare svar på hva effekten av muskulær utholdenhetstrening på prestasjon i utholdenhetsidrett er.



Figur 2.2. Studier gjort på styrketrening og langrenn rangert i forhold til strength endurance continuum. Alle representerte studier gjennomførte en langrennsspesifikk prestasjonstest.

2.3.3 Prestasjonsbegrensninger ved samtidig utholdenhets- og styrketrening

Siden styrketrening og utholdenhetstrening er ytterpunkter innen trening, vil intra- og ekstracellulære adaptasjoner som følge av treningsmetodene være svært forskjellige

(Baar, 2014; Nader, 2006), noe som kan føre til at den ene treningsformen kan hemme utvikling i den andre. Det har blitt vist at trening av utholdenhet kan hemme utvikling av hypertrofi og styrke (Hickson, 1980; Häkkinen et al., 2003), men det er usikkert på hvilke måter styrketrening kan hemme utholdenhetsprestasjon. Signalveier som aktiveres ved styrketrening og utholdenhetstrening er delvis blitt kartlagt, men kompleksiteten er enorm, og det er derfor sannsynlig at det er mye som enda er uopplagt (Baar, 2014; Nader, 2006).

2.4 Langvarig submaksimalt arbeid

Lang konkurransevarighet i enkelte utholdenhetsidretter kan skape metodiske utfordringer i forhold til å kopiere konkurranseformen ved forskning (Rønnestad et al., 2011). Dette medfører at få studier med lange submaksimale arbeidsperioder blir gjennomført. Skattebo et al. (2015) benyttet en 25 min submaksimal arbeidsperiode i stakeergometer med belastning tilsvarende 60, 70 og 80 % av $VO_{2\text{-peak-staking}}$ forut for en prestasjonstest over 3 min. Høyere belastning ble utprøvd, men ble vurdert til å være for anstrengende for målgruppen over den gitte arbeidsperioden. I et upublisert studie av Øfsteng (2015) ble en 90 min stakeprotokoll på tredemølle gjennomført ved 65 % av $VO_{2\text{-peak-staking}}$. Rønnestad et al. (2011) og Vikmoen (2015) gjennomførte begge en 180 min lang submaksimal sykkelergometerstest med belastning tilsvarende 44 % av $watt_{maks}$ (W_{maks}) på henholdsvis 20 syklistere (18 menn, 2 kvinner) og 29 kvinnelige duatlonutøvere. I begge tilfeller avsluttet en *time trial* på 5 min protokollen. Alle de nevnte studiene gjennomførte en styrkeintervensjon over 8–12 uker med 4–12 repetisjoner per sett.

Sykelstudiene fant redusert O_2 -kostnad i styrkegruppen sammenlignet med kontrollgruppen, men først etter 60 min (Rønnestad et al., 2011; Vikmoen, 2015). Langrennsstudiene fant ingen forbedring i arbeidsøkonomi. Rønnestad et al. (2011) fant forbedring av gjennomsnittlig wattproduksjon ved den avsluttende prestasjonstesten og spekulerer i om dette er et resultat av lavere O_2 -kostnad gjennom den siste submaksimale timen. Ved samling av gruppene fant Skattebo et al. (2015) en tendens til VO_2 *slow component* mellom 10 og 27 min på belastning tilsvarende 70 % av $VO_{2\text{-maks}}$.

Ved langvarig arbeid på 60–90 % av $VO_{2\text{-maks}}$ vil tømning av muskelglykogen være den viktigste faktoren for utmattelse (Sahlin, 1992), og da er glykogeninnholdet ved starten av arbeidet og forbrenningsraten avgjørende. Muskelfiber type I er mer utholdende enn de resterende fibertypene, og det vil derfor være en fordel å ha en stor andel type I-fibre i den arbeidende muskulaturen. Fibertypenes forskjell i utholdenhet er et produkt av oksidativ kapasitet, arbeidsøkonomi og fibrenes relative treningsstatus (Åstrand et al., 2003). Ved hvile har muskelfibertypesammensetning en signifikant påvirkning på *respiratory exchange ratio* (RER), men i arbeid ved 70 % av $VO_{2\text{-maks}}$ er blodlaktat og treningsstatus de beste predikatorene for RER (Goedecke et al., 2000).

3. Metode

3.1 Forsøkspersoner

Det ble rekruttert 24 godt trente langrennsløpere (menn (♂) = 20, kvinner (♀) = 4) i alderen 20–40 år. Inklusjonskriterier omfattet nylig gjennomføring av Birkebeinerrennet innen 3:40 t for menn og 4:10 t for kvinner, og regelmessig stakespesifikk trening utenom langrenssesongen. Gjennomføring av andre langløp i langrenn (for eksempel Vasaloppet) kunne også kvalifisere til deltagelse. Et informasjonsskriv ble utdelt og signert av forsøkspersonene (FP). Prosjektet ble innmeldt til Regionale komitéer for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK) avdeling sør-øst og vurdert til å være utenfor mandatet til komitéene (referanse-nr.: 2015/983). Etter pretest trakk to menn seg av grunner ikke relatert til prosjektet. FP er karakterisert i tabell 3.1.

Tabell 3.1. Karakteristikk for muskulær utholdenhet- og intervallgruppe (MUH, $n=11$) og intervallgruppe (KON, $n=11$).

	MUH (snitt \pm SD)	KON (snitt \pm SD)
Alder (år)	30 \pm 4	32 \pm 4
Vekt (kg)	76 \pm 8	78 \pm 11
Høyde (cm)	180 \pm 7	182 \pm 10
VO ₂ -maks (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	64 \pm 5	63 \pm 5

3.2 Eksperimentelt design

Prosjektet ble gjennomført som en randomisert, kontrollert studie, hvor en seks-ukers treningsintervensjon ble gjennomført mellom testperiodene (se tabell 3.2. skjematisk oversikt over prosjektets oppbygning.). Pretest ble gjennomført på tre dager over to uker. Dag 1 bestod av tilvenning til staking på tredemølle etterfulgt av tilvenning til prosjektets stakespesifikke styrkeøvelse. Dag 2 inneholdt maksimal oksygenopptakstest i løping, etterfulgt av 1RM-test og muskulær utholdenhetstest i styrkeøvelsen. Pretest ble avsluttet på dag 3 med en 50 min + 1000 m stakeprotokoll på tredemølle. Posttest

ble gjennomført på to dager i løpet av én uke, og inneholdt det samme programmet som dag 2 og 3 ved pretest.

Etter pretest ble FP tilfeldig fordelt til én av to grupper. Den ene gruppen trente muskulær utholdenhet og løpeintervaller to ganger i uken (MUH), mens den andre trente løpeintervaller to ganger i uken (KON). FP ble instruert til å opprettholde samme treningsvolum og -innhold gjennom intervensjonen som før prosjektstart. Hver gruppe inneholdt ni menn og to kvinner, noe som var planlagt før gruppefordelingen.

Tabell 3.2. Skjematisk oversikt over prosjektets oppbygning. Styrketester bestod av IRM og muskulær utholdenhetstest.

Uke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Pretest		Treningsintervensjon						Posttest	
	Tilvenning		MUH: Løpeintervaller (3x4 min, 2x6 min), styrke (4x30 reps)						VO ₂ -maks løping og styrketester	
	VO ₂ -maks løping og styrketester		KON: Løpeintervaller (6x4 min, 4x6 min)						Stakeprotokoll	
	Stakeprotokoll									

3.3 Utstyr og kalibreringer

Alle oksygenopptaksmålinger ved tilvenning, VO₂-maks i løping og stakeprotokoll ble målt ved bruk av metoden «miksekammer» i ergospirometri-system (Oxycon Pro; Jaeger Instrument, Hoechberg, Tyskland). Kalibrering av ergospirometri-systemet ble gjennomført i samsvar med produsentens anbefalinger. Systemets gassanalysator ble kalibrert i forhold til rommets gasskonsentrasjon, hvor kalibreringsgassen (Riessner-Gase GmbH, Lichtenfels, Tyskland) i tillegg til nitrogen bestod av 5,9 % CO₂ og 14,9 % O₂. Volummåling av luftstrømturbinen (Triple V; Erich Jaeger GmbH, Hoechberg, Tyskland) ble kalibrert manuelt med en treliters håndpumpe (Calibration Syringe, series5530; Hans Rudolph Inc., Kansas City, Missouri, USA). Alle kalibreringer ble gjennomført før testing av hver FP, og hver del av kalibreringen ble repetert inntil målingene korresponderte med referanseområdet.

En tredemølle (Rodby, Sodertalje, Sverige) med dimensjoner 3 x 4,5 m ble brukt til tilvenning, VO₂-maks-test i løping og stakeprotokoll ved pre- og posttest. En spesiallaget sele med oppheng i taket var av sikkerhetsmessige hensyn festet til FP ved alle tester. Ved belastning på oppheng (som ved fall) stoppet båndet automatisk. For å få overblikk over egen posisjon på båndet fikk FP se *live* film av seg selv filmet fra siden.

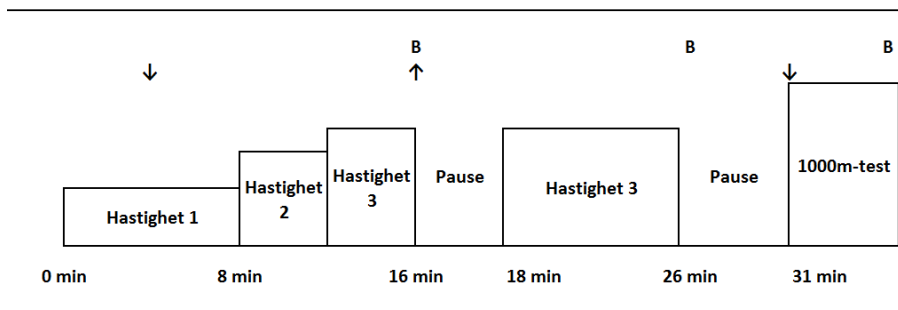
Vekt ble målt ved hvert oppmøte (Seca 876, Seca GbmH, Hamburg, Tyskland). Vekt ved første testdag i hver testperiode (sett bort ifra tilvenningsdagen) ble brukt til statistikk. Hjerterefrekvens ble registrert ved samtlige tester på tredemølle med pulsklokke V800 eller RCX (Polar Electro, Oy, Kempele, Finland). Høyeste måling uansett test ble ansett som estimert maksimal hjerterefrekvens (HF_{maks}).

3.4 Testbeskrivelser

3.4.1 Tilvenning

En tilvenningsøkt ble gjennomført for hver FP, og inkluderte både styrkeøvelsen (se figur 3.2) og staking på tredemølle (se figur 3.3). Staketilvenning varte i 31 min + 1000 m prestasjonstest. Tredemøllen hadde hele tiden en stigning på 2,5° (grader). Oppbygning av økten var 8 min på rolig hastighet (2,25 m/s (♂), 2,00 m/s (♀)), fulgt av to hastighetsøkninger á 4 min (2,75 og 3,25 m/s (♂), 2,25 og 2,50 m/s (♀)) (se figur 3.1). Hvis FP oppfattet den høyeste hastigheten som for stor belastning, ble en lavere hastighet benyttet. Oksygenopptak ble målt i 4 min på hver hastighet. Neseeklype ble benyttet ved alle oksygentopptaksmålinger i prosjektet.

Etter 2 min pause og tilbud om inntak av væske ble den høyeste hastigheten beholdt i 8 min. Underveis i draget ble hastigheten redusert for enkelte. Etter en ny pause på 5 min ble mølletilvenningen avsluttet med en prestasjonstest på 1000 m (beskrevet under kapittel 3.4.4), hvor oksygenopptak ble målt kontinuerlig. Opplevd anstrengelse ble oppgitt på Borgs skala (Borg Rate of Perceived Exertion (Borg, 1982)) etter 16 og 26 min og ved avsluttet 1000m-test. På grunn av dårlig tilvenning til friksjon ved staking på mølle kontra på asfalt ble tilvenning repetert for én FP.



Figur 3.1. Skjematisk oppbygning av staketilvenning på tredemølle. B, Borgs skala; ↓, munnstykke inn; ↑, munnstykke ut.

I styrkeapparatet ble FP først instruert i riktig teknikk. Deretter ble 15 repetisjoner med liten belastning gjennomført før motstanden økte og antall repetisjoner ble gradvis redusert. Ved de tyngste løftene ble bare én repetisjon gjennomført. Tilvenning fortsatte til personen fikk et underkjent løft og motstand ved tyngste godkjente løft ble registrert som 1RM. Startmotstand og økning av motstand ble individuelt tilpasset. Styrkeøvelsen er nærmere beskrevet i kapittel 3.4.3 (*Styrketester*).

3.4.2 Maksimalt oksygenopptakstest i løping

Testing av $VO_{2\text{-maks}}$ ble gjennomført på dag 2 ved pretest, og på dag 1 ved posttest. Oppvarming før testen varte i 20 min med økende hastighet og vinkel. De første 4 min var tredemøllens vinkel stilt til 0° , mens hastigheten var 10 km/t for menn og 9–10 km/t for kvinner. Mellom 4–18 min var vinkelen 3° (5,2 %), mens hastighet ble redusert til 9 km/t (σ) og 7–8 km/t (φ). De siste 2 min av oppvarmingen ble vinkelen økt til 6° (10,5 %) og hastigheten redusert til 7 km/t ($\sigma+\varphi$). Etter 8–9, 12–13 og 16–17 min ble fartsøkninger med individuelle hastigheter gjennomført. Opplevd anstrengelse ved Borgs skala ble registrert etter hver økning. Etter oppvarmingen var det en pause på 3 min hvor FP fikk innta vann.

Etter oppvarming ble møllens stigning justert til 6° og denne verdien ble beholdt gjennom testen. Individuelle starthastigheter ble praktisert og disse var estimert på bakgrunn av prestasjon ved staketilvenning. Hastigheten ble deretter økt med 1 km/t hvert min til utmattelse. To lasere var plassert 90° på møllens fartsretning med en

avstand på 81 cm. FP ble instruert til å løpe mellom laserne under testen, og når de kom bak den bakerste laseren ble testen avsluttet. Oksygenopptaksmålinger ble foretatt hvert 15. s gjennom hele testen, og $VO_{2\text{-maks}}$ ble registrert som det høyeste oksygenopptaket over 60 s. Opplevd anstrengelse (Borgs skala) ble registrert etter avsluttet test.

3.4.3 Styrketester

Alle styrketester ble gjennomført i et kabeltrekkapparat (Tecknogym, Cablejungle, Gambettola, Italia), hvor et spesiallagd stakehandtak ble festet til apparatets øvre feste og FP lente seg mot en treningsbenk (Gym2000 AS, Vikersund, Norge). FP dro ned stakehandtaket til en starthøyde som han/hun mente var passende i forhold til å simulere egen staketeknikk. Høyden ble notert, og et vannrett tau ble hengt opp i denne høyden ved siden av apparatet for å indikere hvor stakebevegelsen skulle begynne ved hver repetisjon. Gjennomføring av øvelsen er vist ved figur 3.2. Benkens rygg hadde en 60° vinkel i forhold til gulvet. Apparatets øvre feste var 89 cm høyere enn toppen av benken, som igjen var 94 cm over gulvet.



Figur 3.2. Oversikt over styrkeøvelsen som ble benyttet i prosjektet.

Oppvarming i styrkeøvelsen var individuelt tilpasset og basert på 1RM ved tilvenning. Sett bestående av 15, 10, 5 og 3 repetisjoner ble gjennomført med økende belastning. Deretter ble estimert 1RM prøvd som første forsøk på maksimalt løft. Ved godkjente løft ble motstanden økt. Ved underkjente løft ble motstanden prøvd igjen eller redusert. Testen ble avsluttet når to påfølgende løft ble underkjent. Motstand ved tyngste

godkjente løft ble registrert som 1RM. Riktig teknikk måtte utføres for å få et løft godkjent. Det var 2 min pause mellom hvert 1RM-forsøk.

Det var 5 min pause mellom siste 1RM-forsøk og starten av den muskulære utholdenhetstesten. Med lik utførelse som under 1RM-testen, gjennomførte FP så mange repetisjoner som mulig på 55 % av 1RM oppnådd ved pretest. Frekvens var selvvalgt, men bevegelsen skulle ikke på noe tidspunkt stoppe opp før endt test. På grunn av individuelle forskjeller i staketeknikk ble det ikke stilt like strenge krav til lik gjennomførelse mellom FP ved denne testen som ved 1RM-testen, men for hver enkelt FP skulle gjennomførelsen være lik gjennom hele testen og lik ved pre- og posttest. Testen ble filmet med enten Apple Iphone 4-videokamera (Apple Inc., Cupertino, California, USA) eller Microsoft Surface 2-videokamera (Microsoft, Redmond, USA).

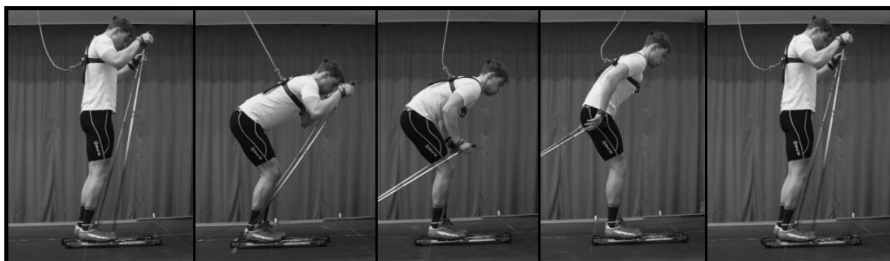
3.4.4 Stakeprotokoll

En stakeprotokoll på 50 min + 1000 m testet submaksimalt og maksimalt arbeid i staking på tredemølle (se figur 3.4). Den submaksimale delen varte 50 min med tre ulike hastigheter. Første, andre og tredje hastighet ble holdt i henholdsvis 10, 5 og 35 min. Måling av oksygenopptak ble gjort kontinuerlig etter 5 min på første hastighet til 5 min ut i tredje hastighet (til sammen 15 min). På tredje hastighet ble oksygenopptaket i tillegg målt ved 31–35 min og ved 46–50 min. Ved innsetting og uttaking av munnstykket holdt FP seg fast foran på møllen mens båndet gikk. I disse korte pausene var det mulighet for å innta vann. To lasere var plassert normalt på båndet med samme funksjon og beskrivelse som nevnt i kapittel 3.4.2 (*Maksimalt oksygenopptakstest i løping*). Fra hver periode med oksygenopptaksmålinger ble de siste 2 min på hver hastighet brukt til utregninger.

De submaksimale hastighetene var individuelt tilpasset og ble beregnet på bakgrunn av oppfattet anstrengelse og oksygenopptak ved tilvenning. For fem FP var tredje hastighet for høy, og den ble da redusert med 0,25 m/s. Gjennomsnittshastigheten for alle FP var $2,32 \pm 0,57$ m/s ved første hastighet, $2,67 \pm 0,37$ m/s ved andre hastighet, $3,06 \pm 1,36$ m/s ved starten av tredje hastighet og $2,97 \pm 0,50$ m/s ved slutten av tredje hastighet.

Opplevd anstrengelse ved Borgs skala ble angitt etter 21, 35 og 46 min. Etter 21 og 41 ble FP filmet fra siden i ca. 15 s. Disse sekvensene ble brukt til teknisk analyse.

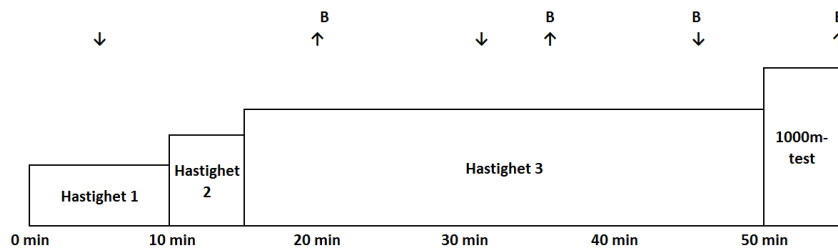
1000m-testen startet umiddelbart etter 50 min submaksimal staking. Munnstykket ble beholdt etter siste submaksimale måling, slik at oksygenopptak også ble målt gjennom hele 1000m-testen. Fem sekund før start ble møllehastigheten økt med 0,25 eller 0,5 m/s på bakgrunn av individuell gjennomsnittshastighet ved tilvenning. Denne hastigheten ble holdt de første 200 m. Deretter kunne FP øke eller redusere hastigheten slik som han/hun ønsket. Tegnet for ønsket økning i hastighet (+0,25 m/s) var å stikke tuppen på skien foran den fremste laseren. Hastigheten ble redusert tilsvarende når testpersonen slapp begge ski bak bakerste laser. FP ble informert om at målsetningen med testen var å gjennomføre med høyest mulig gjennomsnittshastighet. Oksygenopptak ble registrert hvert 15. s, og $VO_{2\text{-peak-staking}}$ ble registrert som det høyeste oksygenopptaket over 30 s. Opplevd anstrengelse ble angitt etter testens avslutning. En stakesyklus på mølle er illustrert ved figur 3.3.



Figur 3.3. Én stakesyklus ved staking på mølle.

FP brukte sine egne skisko, mens NIH sto for ski og staver. Swenor Fiberglass ski (Sport Import AS, Sarpsborg, Norge) med 3-er hjul bak og 2-er hjul foran ble benyttet. Basert på skisko ble enten Solomon SNS (Salomon SAS, Metz-Tessy, Frankrike) eller Rottefella NNN (Rottefella AS, Klokkarstua, Norge) brukt som binding. Skiens rullefriksjon og horisontal rulleretning ble testet forut for prosjektets start. Før hver stakeprotokoll lå rulleskiene i en varmeboks i minimum 10 min, slik at det ville være konstant friksjon mellom ski og underlag gjennom hele testen. Skistaver med spesiallagde pigger var enten Triac 1.0 (≥ 145 cm) eller CT1 (< 145 cm) (begge Swix

Sport AS, Lillehammer, Norge). FP fikk selv velge stavlengde, men samme stavlengde måtte brukes ved alle staketester.



Figur 3.4. Skjematisert oppbygning av staketestprotokoll. *B* = Borgs skala, ↓ = munnstykke inn, ↑ = munnstykke ut.

Én FP var diagnostisert med diabetes type 1 og monitorerte derfor sin egen blodglukose ved stikkprøve i en finger når munnstykket ble tatt ut eller inn. Personen fikk muligheten til å drikke saft i stedet for vann for å opprettholde et blodglukosenivå godt innenfor referanseområdet gjennom hele testen. Ved posttest klarte én FP ikke å opprettholde planlagt hastighet gjennom hele den submaksimale delen av testen. Dette medførte at 1000m-testen ikke ble gyldig og $n=10$ i KON ved berørte resultater.

Høyeste aerobe hastighet ble estimert på bakgrunn av MAOD-metoden (Medbø et al., 1988). Individuelle regresjonslinjer ble dannet fra sammenhengen mellom O_2 -kostnad og hastighet ved de tre submaksimale hastighetene for å analysere individuell korrelasjon. Gjennomsnittsverdier for O_2 -kostnad og hastighet ved de submaksimale hastighetene ble brukt for å bestemme en felles regresjonslinje i MUH og KON, og høyeste aerobe hastighet ble satt som hastigheten som korrelerte med $VO_{2\text{-peak-staking}}$. Det ble tatt utgangspunkt i en lineær sammenheng mellom oksygenopptak og ytre belastning.

3.5 Trening

Etter pretest ble FP fordelt i én gruppe som skulle trene muskulær utholdenhetstrening og løpeintervaller (MUH) og én gruppe som skulle trene løpeintervaller (KON) (se tabell 3.3). Gruffordelingen var i utgangspunktet randomisert, men før intervensjonsstart ble gruppene balansert ved at fire personer byttet gruppe for å oppnå like preverdier for vekt, $VO_{2\text{-maks}}$ og 1000m-tid. For å opprettholde det samme treningsvolumet som før intervensjonsperioden, byttet hver FP ut deler av sin vanlige trening med de prosjektspesifikke øktene. Prosjektspesifikke økter ble gjennomført to ganger i uken over seks uker, med et minimum av 48 timer mellom hver økt. I tilfeller hvor det bare ble trent én økt i uken, skulle FP kompensere for dette ved å trene tre økter den påfølgende uken. For å kontrollere teknikk og riktig gjennomførelse av øvelsene var det et krav for begge grupper å trene minst 3 økter i løpet av perioden med en prosjektansvarlig til stede. Alle prosjektspesifikke økter varte 50–55 min. 10 min valgfri oppvarming ble gjennomført før trening.

Tabell 3.3 Oppsummering av prosjektspesifikke treningsøkter.

	Løpeintervaller		Muskulær utholdenhet	
	Dag 1	Dag 2	Dag 1	Dag 2
MUH	3x4 min	2x6 min	4x30 reps	4x30 reps
KON	6x4 min	4x6 min	-	-

Med unntak av kontrolløktene hadde KON valget mellom å gjennomføre løpeintervaller ute eller på tredemølle, og ved trening ute var det anbefalt å løpe i motbakke. MUH gjennomførte løpeintervaller utelukkende på tredemølle, slik at det var kort overgang til styrkeapparatet. Alle løpeintervaller ble gjennomført med en hjerterefreknens tilsvarende 85–90 % av HF_{maks} . Puls klokke ble brukt ved alle kontrolløkter og ved andre økter hvis det var mulig. Ved første intervalløkt ble FP kjent med hva som var en passende fart for å løpe i riktig pulssone og med utgangspunkt i hjerterefreknens (og til dels dagsform) ble hastighet ved løpeintervallene regulert av hver enkelt FP. I tilfeller hvor pulsklokke ikke ble brukt, ble dagsform brukt til hastighetsregulering. Det var ingen fastsatt

hastighetsprogresjon i løpet av prosjektet. Alle økter på mølle ble gjennomført ved en stigning på 6° (10,5 %). Mellom hver løpeintervall var det 3 min aktiv pause.

Muskulær utholdenhetstrening ble gjennomført med identisk utstyr og teknikk som ved styrketestene. MUH kunne gjennomføre treningen alle steder hvor et nedtrekksapparat var stasjonert, og hver person i denne gruppen fikk utdelt et stakehåndtak tilsvarende det som var brukt til testing. Det var likevel anbefalt å trene på Norges idrettshøgskole. Begge grupper fikk fri tilgang til styrkerommet ved NIH gjennom hele prosjektperioden.

For MUH var det 5 min pause mellom avslutning av siste løpeintervall og første sett med muskulær utholdenhetstrening. Denne pausen ble brukt til rolig løping og klargjøring av styrkeapparatet. Det ble ikke praktisert noen oppvarming før styrkeøvelsen. Det var 90 s pause mellom hvert sett med muskulær utholdenhetstrening. Motstanden var 42,5 % av 1RM de første to ukene, deretter 45 % av 1RM i de to påfølgende ukene, og 47,5 % av 1RM de siste to ukene av treningen. Formålet var at motstanden skulle være høy, men samtidig slik at FP ikke oppnådde utmattelse. Derfor ble det ved behov gjort individuelle tilpasninger av motstand utover justeringene beskrevet over.

3.6 Statistikk

Alle rådata var normalfordelt ifølge Shapiro-Wilks test, enten i utgangspunktet eller etter log-transformering. Med mindre annet er spesifisert, er alle verdier oppgitt som gjennomsnitt \pm standardavvik. Utgangsverdier mellom grupper og pre- til posttest endring mellom grupper ble testet med tosidig uparet Student's t-test. Pre- til posttest endring innad i grupper ble undersøkt med tosidig paret Student's t-test. Følgende verdier for signifikansnivå ble benyttet: ikke signifikant ($p > 0,1$), tendens til signifikant ($0,05 < p \leq 0,1$), signifikant ($p \leq 0,05$). Effektstørrelse av forskjell i relativ endring mellom grupper ble beregnet ved Cohen's *d*. Følgende mål for effektstørrelse ble benyttet: ubetydelig ($ES < 0,2$), liten /små ($0,2 \leq ES < 0,6$), moderat ($0,6 \leq ES < 1,2$), stor ($1,2 \leq ES < 2,0$) og meget stor ($ES \geq 2,0$). Sammenhenger mellom variabler ble undersøkt ved korrelasjonskoeffisienten Pearson's *r*. Følgende mål for korrelasjon ble

benyttet: lav ($0,1 \leq r < 0,3$), moderat ($0,3 \leq r < 0,5$), høy ($0,5 \leq r < 0,7$), meget høy ($0,7 \leq r < 0,9$) og tilnærmet perfekt ($r \geq 0,9$). All utregning ble gjennomført med Microsoft Office Excel 2013 (Microsoft, Redmond, USA), med unntak av normalfordelingstest og korrelasjonsanalyser som ble gjennomført i IBM SPSS 2.0 (International Business Machines, New York, USA).

4. Resultater

4.1 *Trening i perioden*

De siste fire siste ukene før intervensjonsperioden hadde MUH et større totalt treningsvolum enn KON ($p < 0,01$) (tabell 4.1). Under intervensjonen trente MUH 90 ± 32 % ($p = 0,43$) og KON 122 ± 107 % ($p < 0,05$) av treningsvolumet før intervensjonsstart, men det var ingen forskjell i endring mellom gruppene (32 ± 82 %; $p = 0,11$; ES: 0,52). Over de samme fire ukene før treningsintervensjonen hadde MUH et større volum stavespesifikk trening enn KON ($p < 0,05$). Under intervensjonsperioden hadde MUH et stavespesifikt treningsvolum tilsvarende 72 ± 58 % ($p < 0,05$) og KON hadde et volum tilsvarende 78 ± 51 % ($p = 0,26$) av volumet før intervensjonen, men det var ingen forskjell i endring mellom gruppene (6 ± 53 %; $p = 0,75$; ES: 0,28).

Det var en liten forskjell mellom MUH og KON i endring i tid brukt til generell styrketrening i de siste fire ukene før treningsintervensjon og under intervensjonen ($p = 0,38$; ES: 0,25). MUH gjennomførte 94 ± 8 % av prosjektspesifikke økter, mens KON gjennomførte 90 ± 13 %. Det var ingen forskjell mellom gruppene (4 ± 12 %; $p = 0,45$).

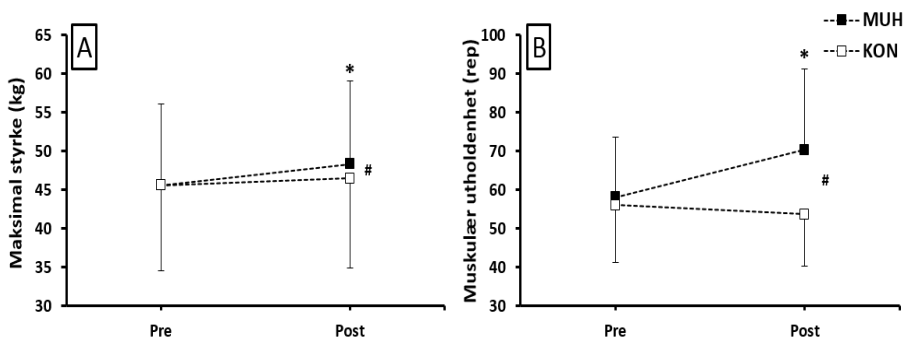
Tabell 4.1. Total trening, stakespesifikk trening, generell styrketrening, intensitetsfordeling og prosjektspesifikke økter gjennomført før og under intervensjonsperioden for MUH og KON. Soner for intensitet: høy ≥ 83 % av HF_{maks} , lav ≤ 82 % av HF_{maks} .

	MUH (n=11)	KON (n=11)
Total trening (min)		
Før intervensjon	547 \pm 242 [#]	297 \pm 144
Under intervensjon	490 \pm 216	361 \pm 120*
Stakespesifikk trening (min)		
Før intervensjon	202 \pm 161 [#]	91 \pm 64
Under intervensjon	145 \pm 145*	71 \pm 51
Styrketrening (min)		
Før intervensjon	32 \pm 43	19 \pm 23
Under intervensjon	30 \pm 39	26 \pm 32
Muskulær utholdhetstrening (min)		
Under intervensjon	19 \pm 2	
Intensitetsfordeling (utholdenhet) (%)		
	(n=9)	(n=8)
Før intervensjon		
Lav intensitet	76 \pm 11	61 \pm 22
Høy intensitet	24 \pm 11	39 \pm 22
Under intervensjon		
Lav intensitet	74 \pm 12	64 \pm 19
Høy intensitet	26 \pm 12	36 \pm 19
Prosjektspesifikke økter gjennomført (%)		
	94 \pm 11	90 \pm 13

Sett bort i fra spesifiseringer er antall deltagere i begge grupper 11. * = signifikant forskjell mellom treningsmengde før og under intervensjon innad i gruppe. # = signifikant forskjell mellom grupper på gitt tidspunkt.

4.2 Maksimal styrke og muskulær utholdenhet

MUH økte 1RM ($6 \pm 2\%$; $p < 0,01$) mens KON hadde ingen endring ($2 \pm 3\%$; $p < 0,1$) (figur 4.1A). Dette medførte en ubetydelig forskjell i endring mellom gruppene ($4 \pm 4\%$; $p < 0,01$; ES: 0,17). MUH økte antall repetisjoner i muskulær utholdenhetstest med $21 \pm 15\%$ ($p < 0,01$), mens KON forble uendret ($-1 \pm 22\%$, $p = 0,57$) (figur 4.1B). Dette medførte en moderat forskjell i endring mellom gruppene ($23 \pm 22\%$; $p < 0,05$; ES: 0,99).

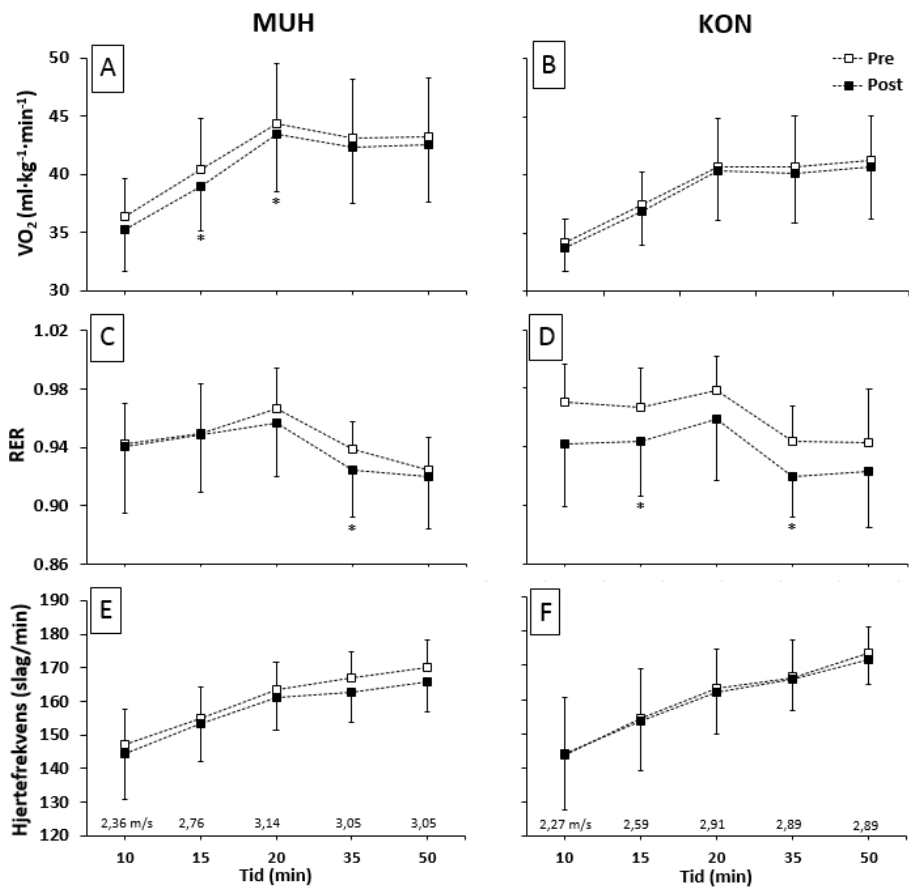


Figur 4.1. Pre- til posttest utvikling for MUH ($n=11$) og KON ($n=11$) i maksimal styrke (A) og muskulær utholdenhet (B). Feilmarkører angir standardavvik. * = signifikant endring fra pre- til posttest innad i gruppen ($p < 0,05$). # = signifikant forskjell i pre-post endring mellom grupper ($p < 0,05$).

4.3 Submaksimale tester

4.3.1 Arbeidsøkonomi og hjerterefrekvens

Gjennomsnittlig O_2 -kostnad fra alle submaksimale målinger var redusert i MUH ($-2 \pm 3\%$; $p < 0,05$), men uendret i KON ($-1 \pm 3\%$; $p = 0,14$). Det var ingen forskjell i endring mellom gruppene ($1 \pm 3\%$; $p = 0,43$; ES: -0,13). O_2 -kostnad i MUH var signifikant redusert etter 15 ($-3 \pm 4\%$; $p < 0,05$) og 20 min ($-2 \pm 2\%$; $p < 0,05$) i tillegg til en tendens til reduksjon etter 50 min ($-2 \pm 2\%$; $p = 0,07$) (figur 4.2A). I KON var O_2 -kostnad uendret ved alle måletidspunkter (figur 4.2B), men det var en tendens til reduksjon etter 15 min ($1 \pm 2\%$; $p = 0,08$). Det var ingen forskjell i endring mellom gruppene ved noen av målingene ($p > 0,17$; ES: -0,03 til -0,24). Det var ingen VO_2 slow component mellom 20 og 50 min i noen av gruppene ved pre- eller posttest ($p > 0,74$).

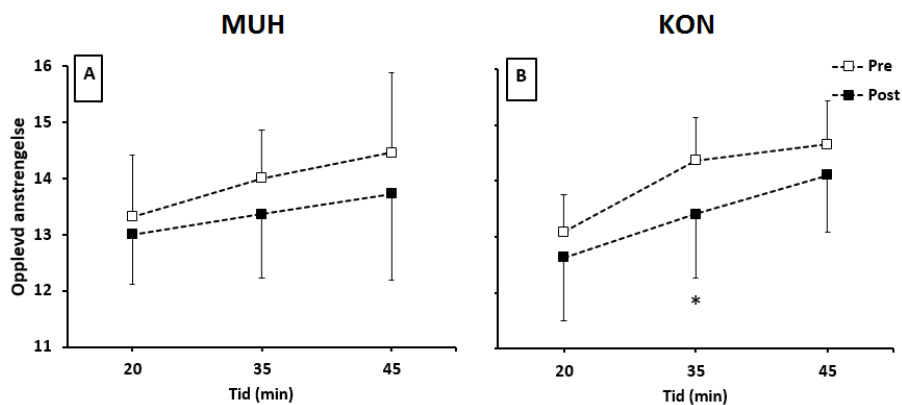


Figur 4.2. VO_2 , RER og hjertefrekvens ved submaksimal staking på tredemølle i 50 min ved pre- og posttest. MUH ($n=11$) er representert ved figurene til venstre, KON ($n=11$ ($n=10$ ved 50 min)) for VO_2 og RER, $n=9$ ($n=8$ ved 50 min) for hjertefrekvens ved figurene til høyre. X-akse ((E) og (F)) angir gjennomsnittsfart ved hver måling ved $n=11$. Feilmarkører viser standardavvik. * = signifikant forskjell mellom pre- og posttest-verdier ($p<0,05$). RER = respiratory exchange ratio.

I MUH var RER redusert etter 35 min ($-2 \pm 2\%$; $p<0,05$) (figur 4.2C), mens i KON var RER redusert ved 15 ($-3 \pm 3\%$; $p<0,05$) og 35 min ($-3 \pm 3\%$; $p<0,05$) (figur 4.2D). Det var en moderat forskjell i endring mellom gruppene etter 15 min ($2 \pm 3\%$; $p<0,05$; ES: 0,89), og en tendens til endring etter 10 min ($3 \pm 4\%$; $p=0,1$; ES: 0,91). Det var ingen signifikante endringer i HF i MUH (figur 4.2E) eller KON (figur 4.2F).

4.3.2 Opplevd anstrengelse

I MUH var det ikke endring i opplevd anstrengelse ved noe måletidspunkt, men det var tendenser til endring etter 35 ($-4 \pm 8 \%$; $p=0,07$) og 45 min ($-5 \pm 9 \%$; $p=0,07$) (figur 4.3A). I KON var opplevd anstrengelse lavere etter 35 min ($-6 \pm 9 \%$; $p<0,05$) (figur 4.3B). Det var ikke forskjell i endring mellom gruppene ved noe tidspunkt.



Figur 4.3. Opplevd anstrengelse ved Borgs skala (6–20) etter 20, 35 og 45 min for MUH ($n=11$) (A) og KON ($n=11$ ved 20 og 35 min, $n=10$ ved 45 min) (B). Feilmarkører angir standardavvik. * = signifikant forskjell mellom pre- og postverdier ($p<0,05$).

4.3.3 Stakefrekvens

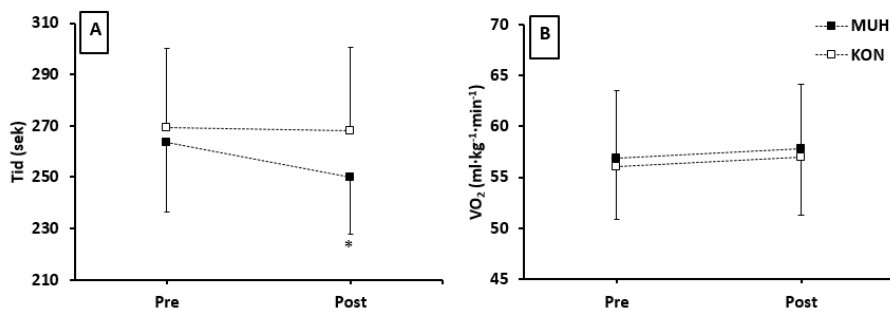
Det var ingen forskjell i stakefrekvens ved 21 eller 41 min i noen av gruppene fra pre- til posttest. Det var ikke forskjell i endring mellom grupper ved noe tidspunkt (tabell 4.2).

Tabell 4.2. Stakefrekvens (Hz) ved 21 og 41 min for MUH (n=11) og KON (n=11). Data er gjennomsnittsverdi \pm standardavvik.

		Pre	Post
21 min	MUH+INT	0,81 \pm 0,12	0,80 \pm 0,12
	INT	0,81 \pm 0,10	0,82 \pm 0,12
41 min	MUH+INT	0,80 \pm 0,13	0,84 \pm 0,10
	INT	0,81 \pm 0,12	0,82 \pm 0,13

4.4 Prestasjonstest i staking

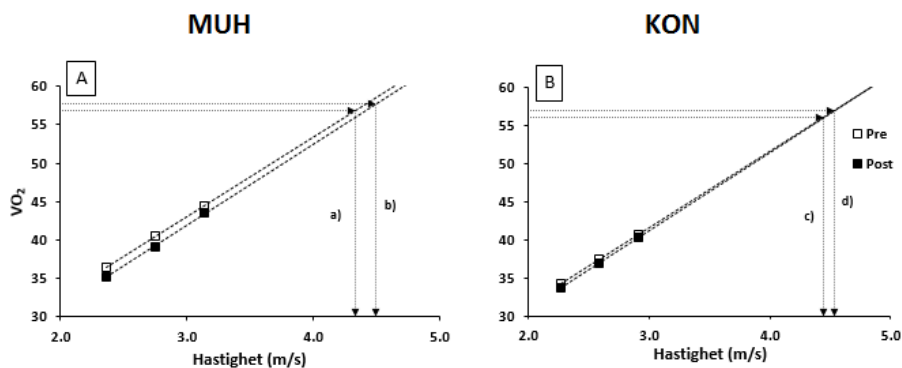
MUH reduserte 1000m-tid fra pre- til posttest (-5 ± 5 %; $p < 0,05$), men den var uendret i KON (-1 ± 4 %, $p = 0,74$) (figur 4.4A). Det var en tendens til forskjell i endring mellom gruppene (4 ± 5 %; $p = 0,06$; ES: $-0,22$). VO_2 -peak-staking var uendret i begge grupper (MUH: 2 ± 4 %; $p = 0,21$, KON: 2 ± 5 %; $p = 0,37$) (figur 4.4B).



Figur 4.4. Tid ved 1000m-test (A) og VO_{2-peak} -steking (B) ved pre- og posttest for MUH ($n=11$) og KON ($n=10$). Feilmarkører angir standardavvik. * = signifikant forskjell mellom pre- og posttest innad i gruppe.

4.5 Høyeste aerobe hastighet

Den høyeste aerobe hastigheten til MUH under 1000m-testen var $4,3 \pm 0,6$ m/s ved pretest og $4,5 \pm 0,6$ m/s ved posttest, noe som tilsvarte en endring på 4 ± 5 % ($p < 0,05$) (figur 4.5A). I KON var tilsvarende hastigheter $4,4 \pm 0,5$ m/s og $4,5 \pm 0,6$ m/s (figur 4.5B). Det var ingen forskjell i endring mellom gruppene (2 ± 6 %; $p = 0,49$; ES: $-0,12$).

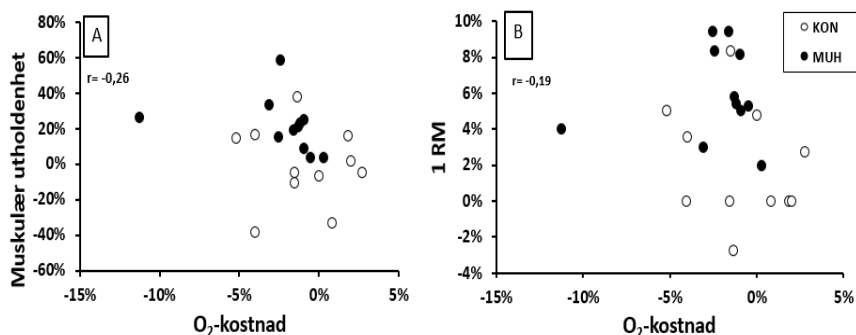


Figur 4.5. Linjene er basert på punkter som viser gruppegjennomsnitt ved pre- og posttest for submaksimalt oksygenopptak og tilhørende hastighet etter 10, 15 og 20 min. MUH er vist til venstre (A), KON til høyre (B). Piler viser VO_{2-peak} og tilhørende hastighet for MUH pre (a), MUH post (b), KON pre (c) og KON post (d). Punkter tilhørende hver enkelt linje hadde ved alle tilfeller perfekt korrelasjon ($r=1$).

4.6 Korrelasjoner

4.6.1 Endring i O₂-kostnad, muskulær utholdenhet og 1RM

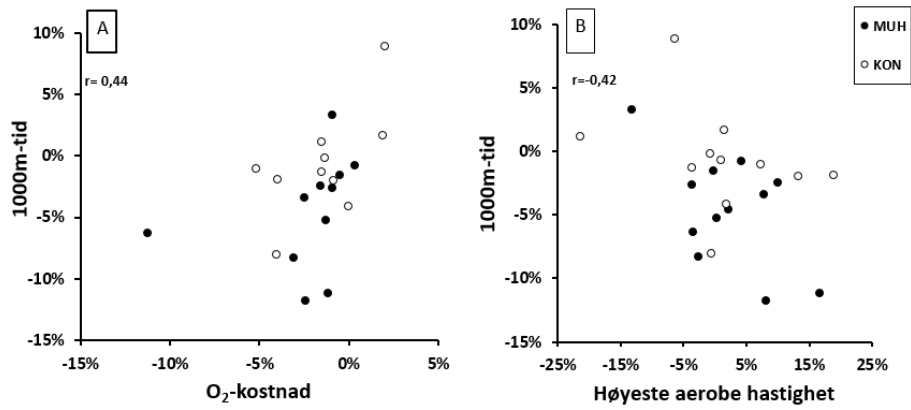
Endring i gjennomsnittlig oksygenopptak ved submaksimale målinger hadde lav korrelasjon med både endring i muskulær utholdenhet ($r = -0,26$) (figur 4.6A), og endring i 1RM i styrkeapparat ($r = -0,19$) (figur 4.6B). I MUH var korrelasjonen henholdsvis moderat ($r = -0,30$) og lav ($r = -0,13$), mens det i KON var ingen ($r = -0,06$) og lav ($r = -0,25$) korrelasjon.



Figur 4.6. Sammenheng mellom endring i oksygenopptak og henholdsvis endring i muskulær utholdenhet ($r = -0,26$; $n = 22$) (A) og mellom endring i 1RM ($r = -0,19$; $n = 22$) (B). Alle prosentverdier er oppgitt som pre- posttest endring. RM = repetisjon maksimum.

4.6.2 Endring i 1000m-tid, O₂-kostnad og aerob hastighet

Det ble funnet moderat korrelasjon mellom endring i 1000m-tid og endring i gjennomsnittlig oksygenopptak ved submaksimale målinger ($r = 0,44$) (figur 4.7A). I MUH var korrelasjonen lav ($r = 0,28$), mens den var høy i KON ($r = 0,57$). Det ble funnet en moderat korrelasjon mellom endring i 1000m-tid og endring i høyeste aerobe hastighet ($r = -0,42$) (figur 4.7B). I MUH var korrelasjonen høy ($r = -0,59$), mens den var moderat i KON ($r = -0,32$).



Figur 4.7. Sammenhengen mellom endring i 1000m-tid og henholdsvis endring i oksygenopptak ($r = 0,44$; $n = 21$) (A) og høyeste aerobe hastighet ($r = -0,42$; $n = 21$) (B). Alle prosentverdier er oppgitt som pre- posttest endring.

5. Diskusjon

Formålet med studien var å undersøke effekten av seks uker stavespesifikk muskulær utholdenhetstrening på arbeidsøkonomi og prestasjon under langvarig arbeid hos godt trente langrennsløpere. Hovedfunnene var forbedret muskulær utholdenhet og styrke, ingen reduksjon i arbeidsøkonomi, og en tendens til prestasjonsforbedring ved 1000m-test i staking.

5.1 Muskulær utholdenhet

MUH økte antall repetisjoner i muskulær utholdenhetstest med 21 %, noe som var mindre enn gjennomsnittsfremgangen per øvelse i Campos et al. (2002) og Stone og Coulter (1994) på henholdsvis 79 og 56 %. Bare Stone og Coulter (1994) testet muskulær utholdenhet i en overkroppsovelse, noe som resulterte i 1 % fremgang per økt, altså mindre enn i vår studie (se tabell 5.1). Fremgangen på 3 og 4 % per økt for underkroppsovelsene indikerer at muskulær utholdenhetstrening kan ha større effekt på under- enn på overkroppsmuskulatur.

Tabell 5.1. Fremgang per økt ved testing av muskulær utholdenhet.

Studie	Økter totalt	Fremgang (%)	Fremgang/økt (%)
<i>Overkropp</i>			
Vår studie	12	21	2
Stone og Coulter (1994)	27	30	1
<i>Underkropp</i>			
Campos et. al. (2002)	20	79	4
Stone og Coulter (1994)	27	82	3

Forskjellen i endring mellom MUH og KON tilsvarte en moderat effektstørrelse, noe som medfører at den er blant testene i denne studien som viser størst forskjell i endring mellom gruppene. Dette er ikke overaskende siden MUH trente muskulær utholdenhet i en stavespesifikk bevegelse. Resultatene støtter *strength endurance continuum*, og underbygger dermed en grunnleggende teori innen trening (Fleck & Kraemer, 2014).

Hverken Anderson og Kearney (1982) eller Stone og Coulter (1994) fant forskjeller i 1RM eller utholdende styrke mellom grupper som trente maksimal styrketrening og muskulær utholdenhet, noe som strider imot *strength endurance continuum*. En mulig forklaring på dette kan være at signifikansnivået i Stone og Coulter (1994) var satt til $p < 0,001$, noe som gjør det vanskelig å detektere forskjeller. En svakhet i både Anderson og Kearney (1982) og Stone og Coulter (1994) er høy frafallsandel (>42 %), mens 92 % av deltagerne fullførte i vår studie. Det er likevel ikke sikkert at lavere frafall ville ha påvirket sluttresultatene i disse studiene, da dette krever at de frafalne ikke er representative for det opprinnelige utvalget.

I Campos et al. (2002), Anderson og Kearney (1982) og Stone og Coulter (1994) ble alle treningsserier utført til utmattelse. I den herværende studien ble ingen sett gjennomført til utmattelse, og det var alltid mulig å gjennomføre ytterlige 5–10 repetisjoner. Det er uenighet i litteraturen hvorvidt det ved 4–12 repetisjoner per sett er fordelaktig å jobbe til utmattelse i hvert sett eller ikke (Drinkwater et al., 2005; Drinkwater et al., 2007; Izquierdo et al., 2006). For mer enn 20 repetisjoner er det begrenset med tilgjengelig forskning. Treningsstatus, treningsvolum og treningshyppighet vil kunne påvirke hvorvidt trening til utmattelse er gunstig eller ikke (Raastad et al., 2010), og med tanke på at forsøkspersonene i denne studien hadde et relativt stort totalt treningsvolum, ble det ansett som mest forsvarlig å ikke jobbe til utmattelse.

Den muskulære utholdenhetstreningen bestod av én øvelse som ble trent to ganger i uken. Dette resulterer i et mindre treningsvolum i muskulær utholdenhet sammenlignet med andre studier med samme treningsform (Ebben et al., 2004; Gallagher et al., 2010; Sedano et al., 2013; Welde, 2006), hvor det ble trent minst fire øvelser. Øvelsen i vår studie var meget langrennsspesifikk noe som er et viktig treningsprinsipp i det å optimalisere treningseffekt (Raastad et al., 2010). Det samme er ikke tilfelle for de nevnte studiene, hvor helkroppsprogram ble tatt i bruk. I ro-studiene (Ebben et al., 2004; Gallagher et al., 2010) ble ro-øvelser trent (bl.a. sittende roing og enhånds roing), og i Welde (2006) ble Brå-sterk treningsapparat benyttet. Dette er øvelser som

stimulerer relevant muskulatur, men de isolerer enkelte muskelgrupper og gjennomfører ikke en idrettsspesifikk bevegelse.

5.2 Maksimal styrke

MUH økte 1RM i styrkeøvelsen, og det var forskjell i endring mellom gruppene. Økningen i MUH på 6 % var i det nedre sjiktet sammenlignet med andre studier med tilsvarende antall treningsrepetisjoner per sett (20–40), hvor det blant annet har blitt observert økninger på 8 og 12 % i overkroppsøvelser og 32 og 25 % i underkroppsøvelser (Anderson & Kearney, 1982; Campos et al., 2002; Stone & Coulter, 1994). I de nevnte studiene var forsøkspersonene utrente, noe som kan forklare den store fremgangen. Forsøkspersonene i vår studie var kjent med bevegelsesmønsteret i styrkeøvelsen forut for prosjektet selv om de ikke hadde trent muskulær utholdenhet tidligere, og relevant muskulatur hadde opplevd et regelmessig stimulus gjennom daglig trening. I kombinasjon med en 2–3 ukers kortere treningsperiode enn i de nevnte studiene, kan dette forklare den moderate økningen. I en av studiene hvor det samtidig ble trent muskulær- og tradisjonell utholdenhetstrening, var det ingen fremgang i 1RM (Mikkola et al., 2011), men de fleste studiene viser til en økning tilsvarende vår studie (Gallagher et al., 2010; Sedano et al., 2013; Welde, 2006). Det at studiene hvor det er trent kombinert muskulær- og tradisjonell utholdenhetstrening viser til minst fremgang i 1RM, kan tyde på at utholdenhetstrening svekker utvikling av styrke (Baar, 2014; Nader, 2006).

5.3 Arbeidsøkonomi ved submaksimalt arbeid

Dette er den første studien som undersøker effekten av muskulær utholdenhetstrening på submaksimalt arbeid i langrenn. Det var ingen forskjell i endring i O₂-kostnad mellom gruppene, men MUH reduserte kostnaden i forhold til preverdi. En reduksjon i O₂-kostnad kan potensielt føre til bedret prestasjon og utholdenhet ved submaksimalt arbeid (Bassett & Howley, 2000). Tilsvarende resultater som i vår studie er funnet i studier på maksimal styrketrening og langrenn (Mikkola et al., 2007; H. Østerås et al., 2002) og muskulær utholdenhetstrening og løping (Mikkola et al., 2011; Sedano et al., 2013). Maksimal styrketrening har blitt foreslått som en gunstig treningsform for å redusere O₂-kostnad i staking. I Hoff et al. (1999) og Hoff et al. (2002) ble O₂-kostnad

redusert med henholdsvis 27 og 23 %. Disse studiene har derimot blitt kritisert for å ha foretatt oksygenopptaksmålinger før *steady state* ble nådd (Skattebo et al., 2015), noe som kan medføre at målingene ikke er valide (Hughson, 2009; Whipp & Wasserman, 1972).

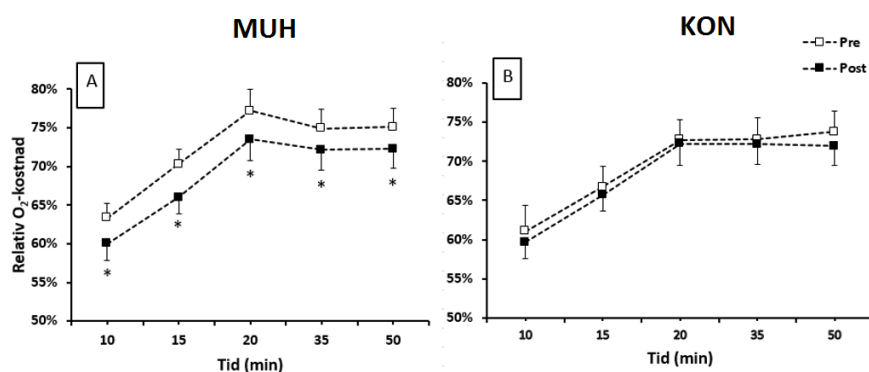
Siden mekanismene bak forbedring av arbeidsøkonomi ikke er fullt ut kjent, er det usikkert hvorfor MUH reduserte O₂-kostnaden. Det spekuleres i om endringer mot mer utholdende muskelfibertyper, hovedsakelig fra type IIx til IIa, kan ha en positiv påvirkning grunnet lavere oksygenforbruk ved tilsvarende arbeid (Rønnestad & Mujika, 2013; Vikmoen et al., 2015). Campos et al. (2002) fant en økning i andel type IIax fibre på bekostning av type IIx ved trening av muskulær utholdenhet, mens andelen type I ble holdt stabil. Til tross for at det i vår studie ikke ble foretatt muskelbiopsier for å analysere muskelfibertypesammensetning åpner dette for at muskulær utholdenhetstrening kan endre fibertypesammensetningen, og videre påvirke arbeidsøkonomi. En annen teori foreslår redusert O₂-kostnad gjennom forbedret *rate of force development* (RFD) (H. Østerås et al., 2002), noe Stöggl og Müller (2009) åpner for ved å vise til betydningen av å produsere stor kraft over liten tid i staking. H. Østerås et al. (2002) utdyper at ved konstant hastighet vil hurtig kraftproduksjon føre til en lenger hvileperiode mellom hver syklus, noe som fører til lenger diffusjonstid og potensielt en reduksjon i O₂-kostnad. RFD ble ikke målt i vår studie, men med tanke på at maksimal styrketrening og maksimal hastighet i kontraksjonene er det som har størst potensial til å forbedre RFD (Stöggl & Müller, 2009), er det tvilsomt at det har skjedd en forbedring.

En siste teori vurdert her, foreslår at en økning i maksimalstyrken til utholdende type I fibre vil øke tiden til utmattelse for disse spesifikke fibrene og dermed utsette tiden før fibre med dårligere arbeidsøkonomi må kobles inn (Hickson, Dvorak, Gorostiaga, Kurowski, & Foster, 1988; Rønnestad & Mujika, 2013). Dette kan føre til en redusert VO₂ *slow component*. I vår studie var det ingen *slow component* mellom 20 og 50 min i noen av gruppene og heller ingen forskjell i endring mellom grupper fra pre- til posttest. Dette tyder på type I fibrene ikke ble utmattet hverken ved pre- eller posttest, og at belastningen var for lav til å fremprovosere en *slow component*. I hverken Mikkola et al.

(2007) eller Sedano et al. (2013) ble økning i styrke etter muskulær utholdenhetstrening relatert til forbedret arbeidsøkonomi, og tilgjengelig forskning gir som nevnt ingen klare svar på betydningen av maksimal styrketrening for langrenn. I Skattebo (2014) ble det funnet en *slow component* på 2 % ved sammenslåing av grupper. I Rønnestad et al. (2011) var økningen i O₂-kostnad enda større, og styrketreningsgruppen hadde i denne studien en redusert *slow component* fra pre- til posttest sammenlignet med kontrollgruppen. Arbeidsintensiteten ved måling av *slow component* var i Skattebo (2014) og Rønnestad et al. (2011) henholdsvis 70 % av VO_{2 maks} og 45 % av W_{maks}, og i vår studie ca. 73 % av VO_{2-peak-staking} (dog litt lavere i forhold til VO_{2-maks}). Det er overraskende at det ble funnet en *slow component* i Skattebo (2014) men ikke i vår studie, til tross for at vår inneholdt en lenger submaksimal arbeidsperiode.

Endringer i stakfrekvens ved 21 eller 41 min kan ikke forklare endringer i O₂-kostnad. På grunn av minimale forskjeller i MUH ved andre submaksimale variabler er det heller ikke sannsynlig at disse har bidratt til forbedret arbeidsøkonomi. HF var uendret for begge grupper, noe som samsvarer med Rønnestad et al. (2011) hvor det ved 0–60 min hverken var endringer mellom eller innad i grupper. I vår studie var det en jevn økning i HF gjennom hele den submaksimale delen, men i Rønnestad et al. (2011) var HF stabil frem til 90 min. Denne forskjellen oppstår muligens på grunn av en lavere relativ arbeidsintensitet i sistnevnte studie. Både Rønnestad et al. (2011), Øfsteng (2015) og vår studie opplevde gradvis fallende RER gjennom konstant, submaksimal anstrengelse. Det er derfor naturlig å anta at RER hadde fortsatt å falle i vår studie hvis den submaksimale perioden hadde vart lenger enn 50 min. RER påvirkes av matinntak gjort opptil fire timer forut for testing (Bergman & Brooks, 1999), og siden det var begrenset kontroll over forsøkspersonenes matinntak i timene før testing, kan dette ha påvirket RER forskjellig ved pre- og posttest.

Ved siden av å bli oppgitt som absoluttverdi kan O_2 -kostnad beskrives som en andel av $VO_{2\text{-peak-staking}}$. Mens det i absolutte målinger bare var reduksjon i O_2 -kostnad etter 15 og 20 min, var kostnaden i MUH redusert ved alle måletidspunkt ved en slik utregningsmetode (se figur 5.1A). Det var ingen forskjeller i KON (se figur 5.1B), og ingen forskjell i endring mellom grupper.



Figur 5.1. Submaksimal O_2 -kostnad i prosent av $VO_{2\text{-peak-staking}}$ ved pre- og posttest for MUH ($n=11$) (A) og KON ($n=11$) (B). Feilmarkører angir standardavvik. * = signifikant forskjell mellom pre- og postverdier ($p<0,05$).

Det kan stilles spørsmåltegn ved utregningsmetoden siden $VO_{2\text{-peak-staking}}$ ble registrert som det høyeste oksygenopptaket under 1000m-testen. Siden det ikke ble benyttet en standardisert test, kan det ikke garanteres at målt $VO_{2\text{-peak-staking}}$ er det høyeste oksygenopptaket som er mulig å oppnå. Det kan også tenkes at det submaksimale arbeidet i forkant kan ha påvirket evnen til å oppnå høyt oksygenopptak, men det var ingen forskjeller i $VO_{2\text{-peak-staking}}$ mellom pre- eller posttest og tilvenning, hvor en kortere submaksimal del ble gjennomført før 1000m-testen.

5.4 Effekt av muskulær utholdenhetstrening på stakeprestasjon

Prestasjonstesten i staking over 1000 m resulterte i en tendens til forskjell i prestasjonsforbedring mellom gruppene i fordel MUH. Ved siden av forskjeller i treningsmengde var trening av muskulær utholdenhet den eneste forskjellen mellom gruppene og kan derfor muligens ha forårsaket tendensen. Resultater fra tidligere studier

på muskulær utholdenhetstrening er splittet mellom forbedring (Ebben et al., 2004; Gallagher et al., 2010; Mikkola et al., 2011) og ingen forbedring (Sedano et al., 2013; Welde, 2006) i prestasjon, og resultatene i vår studie gir heller ikke et avklarende svar på problemstillingen. Siden formålet med studien var å undersøke korttidseffekten av muskulær utholdenhetstrening, er det uansett interessant at MUH hadde signifikant bedre prestasjon etter 6 uker med trening.

Welde (2006) er den eneste tidligere studien som har sett effekten av muskulær utholdenhetstrening på langrennsprestasjon. I Welde (2006) var det ikke en signifikant forbedring i prestasjon i gruppen som trente muskulær utholdenhet. Prestasjonstesten var her 7 km for kvinner og 10 km for menn, så det kan tenkes at adaptasjonene som følge av muskulær utholdenhet, har større betydning over en kortere prestasjonstest slik som i vår studie. Lengden på testen i kombinasjon med en kupert løype og påvirkning av eksterne forhold gjør at løpsopplegg (pacing) blir utfordrende for forsøkspersonene, noe som kan påvirke testens reliabilitet (Abbiss & Laursen, 2008). Det ble funnet en positiv prestasjonsforbedring blant kvinnene som trente muskulær utholdenhet i Welde (2006), men utfordring i denne studien er at til tross for at 38 forsøkspersoner deltok, ble de delt i så mange grupper at den statistiske styrken blir svak i hver gruppe. I den nevnte gruppen var det seks forsøkspersoner. På grunn av få kvinnelige deltagere i vår studie er sett på menn og kvinner sammen.

I Ebben et al. (2004) og Gallagher et al. (2010) hadde gruppen som trente muskulær utholdenhet forbedring i prestasjon på henholdsvis 2 og 3 %, noe som er litt lavere enn i denne oppgaven (5 %). Sammenlignet med vår studie har Ebben et al. (2004) svakheter som gjør det utfordrende å konkludere med at muskulær utholdenhetstrening har hatt en positiv effekt på ro-prestasjon. Det var ikke utvikling i $VO_{2\text{-peak-staking}}$ i vår studie, men alle gruppene i Ebben et al. (2004) forbedret $VO_{2\text{-peak-roing}}$. Siden oksygenopptaket er vist å ha meget høy korrelasjon med ro-prestasjon (Bassett & Howley, 2000; Ingham, Whyte, Jones, & Nevill, 2002), er det naturlig å anta at dette har forårsaket deler av prestasjonsforbedringen. Ebben et al. (2004) benyttet seg ikke av kontrollgruppe men inkluderte i stedet en gruppe som trente maksimal styrketrening. Begge gruppene hadde fremgang men ikke i forhold til hverandre. Dette gjør det vanskelig å bedømme om det

er begge styrketreningsintervensjonene, generell utholdenhetstrening, eller andre faktorer som har forårsaket prestasjonsforbedring.

De fleste studier på muskulær utholdenhet og utholdenhetsprestasjon har benyttet en prestasjonstest med absolutt distanse (Ebben et al., 2004; Gallagher et al., 2010; Sedano et al., 2013; Welde, 2006), og det samme har studier på styrketrening og langrenn (Losnegard et al., 2011; Mikkola et al., 2007; Rønnestad et al., 2012; Skattebo et al., 2015). På den andre siden har enkelte studier brukt TTU som mål på prestasjon (Hoff et al., 1999; Hoff et al., 2002; Mikkola et al., 2011; H. Østerås et al., 2002). Slike tester er ekstra sensitive til prestasjonsforbedring og kan derfor føre til en forsterkning av resultater sammenlignet med tester som har en bestemt lengde. Dette kan videre medføre signifikante endringer hvor det ikke ville vært forskjeller ved bruk av en annen type test (Hinckson & Hopkins, 2005; Hopkins, Schabort, & Hawley, 2001). Psykologiske faktorer vil også føre til redusert reliabilitet ved TTU (Jeukendrup, Saris, Brouns, & Kester, 1996).

Det var ikke endring i $VO_{2\text{-peak-staking}}$ hverken innad eller mellom gruppene, noe som samsvarer med studier på langrenn og styrketrening (Hoff et al., 1999; Hoff et al., 2002; Mikkola et al., 2007; Rønnestad et al., 2012; Skattebo et al., 2015; H. Østerås et al., 2002). Siden Welde (2006) ikke undersøkte $VO_{2\text{-peak-staking}}$, er vår studie den første som involverer muskulær utholdenhetstrening og $VO_{2\text{-peak}}$ i langrenn. Denne mangelen kan svekke Welde (2006) fordi det ikke kan utelukkes at en økning i oksygenopptak kan ha påvirket prestasjonen. Siden $VO_{2\text{-peak}}$ i overkroppen begrenses av perifere faktorer (lokal oksidativ kapasitet) (Calbet et al., 2004; Calbet et al., 2005; Rud, 2011) er det ikke usannsynlig at oksygenopptaket her kan økes ved muskulær utholdenhetstrening, for eksempel gjennom forbedret diffusjonsareal eller -tid. Campos et al. (2002) fant ingen endringer i kapillærtetthet som følge av muskulær utholdenhetstrening, men dette er basert på biopsier tatt fra *vastus lateralis*. En økning i det lokale opptaket ville uansett ikke ført til økt $VO_{2\text{-peak-staking}}$ så lenge perifere faktorer er begrensende i overkroppen.

Både MUH og KON trente løpeintervaller gjennom treningsintervensjonen, men til tross for at KON hadde dobbelt så stort intervallvolum som MUH, var det ingen

forskjell i endring mellom gruppene i $VO_{2\text{-maks}}$ (løping). Siden intervalltrening er en treningsmetode som har stor effekt på det maksimale oksygenopptaket (Helgerud et al., 2007; Laursen & Jenkins, 2002; Londeree, 1997), kunne det forventes at en eller begge gruppene økte oksygenopptaket gjennom perioden. Et relativt høyt pretestnivå er muligens grunnen til at det ikke var noen økning i hverken $VO_{2\text{-peak-staking}}$ eller $VO_{2\text{-maks}}$. I tillegg trente begge grupper like mye høyintensitetstrening i intervensjonsperioden (MUH=127 min/uke, KON=130 min/uke), til tross for at dette var forsøkt manipulert. For begge gruppene samlet tilsvarte $VO_{2\text{-peak-staking}}$ $89 \pm 4 \%$ av $VO_{2\text{-maks}}$. Dette samsvarer med tidligere funn (Holmberg et al., 2007; Sandbakk et al., 2014), noe som åpner for at $VO_{2\text{-peak-staking}}$ er målt mer nøyaktig enn tidligere antatt. Totalt for alle FP ble 69 % av treningen gjennomført ved rolig intensitet ($\leq 82 \%$ av HF_{maks}), noe som var en lavere andel enn hva som er funnet blant eliteutøvere i utholdenhetsidretter, hvor ca. 80 % av treningsvolumet er registrert som rolig (Losnegard et al., 2013; Stöggl & Sperlich, 2015). Treningsperioden ble gjennomført på høsten, altså i oppkjøringsperioden til sesongen. Blant eliteutøvere i langrenn blir ca. 60 % av treningen gjennomført på ruller eller ski i sesongoppkjøringen (Losnegard et al., 2013), mens for gruppene i vår studie var bare 30 % av trening gjennom høstmånedene bevegelsesspesifikk.

Det var meget høye korrelasjoner mellom 1000m-tid og både $VO_{2\text{-peak-staking}}$ og $VO_{2\text{-maks}}$ uansett utregningsmetode (se tabell 5.2), noe som var overraskende med tanke på at flere tidligere studier har funnet forskjeller mellom utregningsmetodene (Ingjer, 1991; Larsson et al., 2002; Staib et al., 2000). Det kan være flere grunner til dette funnet. Ingjer (1991) og Staib et al. (2000) korrelerte oksygenopptak med henholdsvis verdenscupresultater og FIS-poeng i stedet for å benytte en konkret prestasjonstest, og det var store forskjeller i alder, vekt og $VO_{2\text{-maks}}$ mellom de ulike studiene. I homogene grupper er det ofte lav korrelasjon mellom $VO_{2\text{-maks}}$ og prestasjonsparameter (Mahood et al., 2001). Vår studie har større spredning i prestasjon enn de andre studiene, muligens fordi menn og kvinner analyseres sammen.

Tabell 5.2. Korrelasjoner mellom 1000m-tid og ulike utregningsmetoder for $VO_{2\text{-peak-staking}}$ og $VO_{2\text{-maks}}$. Utregningene er basert på verdier fra pretest. $n=22$. $*=p<0,05$.

	Korrelasjon mellom 1000-m-tid/ $VO_{2\text{-peak-staking}}$	Korrelasjon mellom 1000-m-tid/ $VO_{2\text{-maks}}$
$\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$	meget høy ($r= -0,80$)*	meget høy ($r= -0,83$)*
$\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$	meget høy ($r= -0,84$)*	meget høy ($r= -0,77$)*
$\text{ml}\cdot\text{kg}^{-2/3}\cdot\text{min}^{-1}$	meget høy ($r= -0,88$)*	meget høy ($r= -0,86$)*

5.5 Høyeste aerobe hastighet

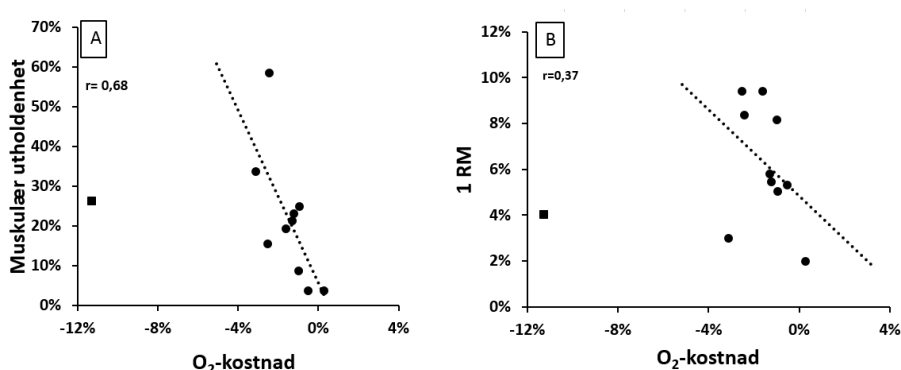
Reduksjonen i O_2 -kostnad i MUH medførte en økning i høyeste aerobe hastighet på 4 %. Siden dette gjør at FP kan holde en høyere hastighet som støttes av aerobe energiprosesser kan det muligens være delaktig i å forklare prestasjonsforbedring i MUH under 1000m-testen. Høyeste aerobe hastighet ble beregnet på bakgrunn av absoluttverdier av forsøkspersonenes O_2 -kostnad ved de submaksimale belastningene. Dette medfører at godt trente forsøkspersoner med høy submaksimal hastighet og oksygenopptak vil ha større endringer i oksygenopptaket enn svakere deltagere, selv om den relative (prosentmessige) endringen er den samme.

En alternativ utregningsmetode er å ta utgangspunkt i relativt oksygenopptak ved de submaksimal belastningene (O_2 -kostnad/ $VO_{2\text{-peak-staking}}$). Her vil forsøkspersonene påvirke resultatet i like stor grad uavhengig av oksygenopptakets absoluttverdi. Med utgangspunkt i denne metoden har MUH en forbedring i høyeste aerobe hastighet på 6 %, mens KON er uendret. Et problem med utregning av høyeste aerobe hastighet i denne studien er som tidligere bemerket, at en ikke kan garantere at $VO_{2\text{-peak-staking}}$ målt ved prestasjonstesten faktisk er det høyeste oksygenopptak som er mulig å oppnå i staking.

5.6 Sammenhenger

Endring i O_2 -kostnad hadde lav korrelasjon med begge tester i styrkeapparat. Én forsøksperson i MUH hadde en reduksjon i O_2 -kostnad på 11 % ved submaksimale belastninger. Dette resultatet er en uteligger i forhold til de andre punktene

(O'Donoghue, 2012) og får stor påvirkning på korrelasjonen i gruppen. Ved ekskludering av punktet ble korrelasjonen mellom endring i muskulær utholdenhet og endring i O₂-kostnad i MUH forbedret fra moderat til høy (se figur 5.2A). Korrelasjon mellom endring i 1RM og endring i O₂-kostnad øker fra lav til moderat ved ekskludering av det samme punktet (se figur 5.2B).



Figur 5.2 Sammenhengen mellom endring i oksygenopptak og endring i henholdsvis muskulær utholdenhet ($r=0,68$; $n=10$) (A) og 1RM ($r=0,37$; $n=10$) (B) i MUH ved ekskludering av en uteligger (markert med firkant).

Det er ingen tidligere studier på langrenn og muskulær utholdenhetstrening eller styrketrening som har analysert korrelasjoner mellom endring i O₂-kostnad og andre variabler, noe som gjør sammenligningsgrunnlaget minimalt. Det er uansett interessant at enkelte korrelasjoner er signifikante til tross for at endringer (deltaverdier) sjelden gir gode sammenhenger. O₂-kostnad og langrennsprestasjon har vist høy korrelasjon i begge stilarter (Mahood et al., 2001; G. P. Millet et al., 2003; G. Y. Millet et al., 2002; Skattebo, 2014), men siden det ikke ble gjennomført staking på standardiserte hastigheter for alle forsøkspersonene, var det ikke mulig å gjennomføre korrelasjonsanalyse for disse variablene i vår studie.

5.7 Begrensninger ved studien

Ytterlige tilvenningsøkter både i staking på tredemølle og i styrkeapparat hadde vært fordelaktig for å reduserte sannsynligheten for at en forbedring i teknikk forårsaket prestasjonsfremgang. Siden begge gruppene hadde tilvenning til styrkeøvelsen forut for

pretest, burde KON gjennomgått en ny tilvenning før posttest. For MUH ville dette ikke vært nødvendig siden de trente øvelsen gjennom intervensjonen. I studien var det en klar overvekt av menn, noe som gjenspeiler interessen for å være forsøksperson. Det hadde vært ønskelig med like mange av hvert kjønn i hver gruppe for å gjøre resultatene like gjeldende for kvinnelige mosjonister som for menn. Da kunne vi også sett effekten av treningsmetoden på kjønn.

Det hadde også vært ønskelig å gjennomføre testing av laktat gjennom submaksimal og maksimal del av stakeprotokollen og å ha en egen test for $VO_{2\text{-peak-staking}}$. Dette kunne gitt en mer fullstendig og muligens bedre forklaring på prosjektets resultater. Likevel er det viktig å være realistisk med tanke på arbeidsmengde og tidsbruk, og inkludering av andre tester ville trolig gått på bekostning av allerede inkluderte tester eller kvalitativ gjennomføring av testene.

Det kan stilles spørsmålsteget ved overføringsverdien fra testomgivelsene til en realistisk konkurransesituasjon. For deltagerne i prosjektet gjennomføres konkurranse vanligvis på snø, eller eventuelt med rulleski på asfalt. Konkurranse foregår også som regel i kupert terreng med bruk av flere teknikker, og ikke i slak motbakke på tredemølle i ca. 55 min. Friksjon vil også være forskjellig mellom snø, asfalt og gummiunderlaget på tredemøllen. I motsetning til stake-ergometer blir derimot ingen ledd eller kroppsdeler låst, noe som gjør bevegelsesmønsteret på mølle mer lik staking på snø.

5.8 Praktiske implikasjoner

På grunn av prestasjonsforbedringen i MUH etter 6 uker med trening, anbefales det å trene muskulær utholdenhet. I denne studien ble mosjonister testet, men det i mange lignende studier hvor det er benyttet løpere på et høyere nivå. Dette medfører at resultatene i vår studie sannsynligvis kan relateres til en større populasjon. Muskulær utholdenhetstrening har større effekt på noen utøvere enn på andre, men siden svært få reduserte sitt prestasjonsnivå som følge av intervensjonen, er det ingen grunn til å fraråde en slik treningsmetode. Det er mulig at en lenger treningsintervensjon hadde ført til større fremgang, men målet med studien var å se den kortsiktige effekten av slik

trening. Et interessant aspekt med studien er at kun seks uker med trening synes å gi betydelige forbedringer i muskulær utholdenhet og med et potensial til å forbedre stakereprestasjon. Dermed kan en slik type trening fungere som formtoppingsregime inn mot viktige konkurranser.

Trening av muskulær utholdenhet tar kort tid og i denne studien ble bare ca. 20 min i uken brukt til å gjennomføre to økter. Det er da mulig å kombinere det med annen trening, for eksempel intervaller eller langkjøring, eller andre øvelser som krever treningsapparat. Årsaken til at stående staking ble benyttet i denne studien, var primært for å kunne kontrollere treningsmotstand og fremgang. Det er også mulig å legge til rette for å gjennomføre en stakere spesifikk muskulær utholdenhetsøvelse uten tilgang til apparat. Ved å tre en snor gjennom et oppheng i taket og feste den ene enden til en vekt (for eksempel en vandunk), og den andre til et stakerehåndtak, kan øvelsen tilrettelegges på treningsrommet hjemme eller i garasjen. Ulike øvelser som staking i bratt motbakke og diagonalstaking samt manipulering av rulle motstand (tregere hjul), vil potensielt kunne være alternative øvelser for å kunne utvikle muskulær utholdenhet, med en mulighet til forbedring av prestasjon i staking.

6. Konklusjon

Seks uker muskulær utholdenhetstrening som supplement til vanlig langrennstrening hos godt trente langrennsløpere, resulterte i:

- I) Muskulær utholdenhetstrening forbedret maksimal styrke og muskulær utholdenhet.
- II) Det ble funnet en forbedret arbeidsøkonomi i MUH, men endringen var ikke signifikant sammenlignet med KON.
- III) MUH tenderte til forbedret stakprestasjon sammenlignet med KON.

Referanseliste

- Aagaard, P., Andersen, J. L., Bennekou, M., Larsson, B., Olesen, J. L., Crameri, R., . . . Kjær, M. (2011). Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(6), 298-307. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01283.x
- Abbiss, C. R., & Laursen, P. B. (2008). Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Medicine*, 38(3), 239-252. doi:10.2165/00007256-200838030-00004
- Ainegren, M., Carlsson, P., Tinnsten, M., & Laaksonen, M. S. (2013). Skiing economy and efficiency in recreational and elite cross-country skiers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1239-1252. doi:10.1519/JSC.0b013e31824f206c
- Alsobrook, N. G., & Heil, D. P. (2009). Upper body power as a determinant of classical cross-country ski performance. *European Journal of Applied Physiology*, 105(4), 633-641. doi:10.1007/s00421-008-0943-z
- Anderson, T., & Kearney, J. T. (1982). Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 53(1), 1-7. doi:10.1080/02701367.1982.10605218
- Baar, K. (2014). Using molecular biology to maximize concurrent training. *Sports Medicine*, 44(2), 117-125. doi:10.1007/s40279-014-0252-0
- Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2008). *Essentials of Strength Training and Conditioning*. USA: Human Kinetics.
- Bangsbo, J. (1998). Quantification of anaerobic energy production during intense exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(1), 47-52. doi:10.1097/00005768-199801000-00007
- Bassett, D. R., & Howley, E. T. (1997). Maximal oxygen uptake: "classical" versus "contemporary" viewpoints. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(5), 591-603. doi:10.1097/00005768-199705000-00002

- Bassett, D. R., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(1), 70-84. doi:10.1097/00005768-200001000-00012
- Bastiaans, J. J., van Diemen, A. B., Veneberg, T., & Jeukendrup, A. E. (2001). The effects of replacing a portion of endurance training by explosive strength training on performance in trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 86(1), 79-84. doi:10.1007/s004210100507
- Bergman, B. C., & Brooks, G. A. (1999). Respiratory gas-exchange ratios during graded exercise in fed and fasted trained and untrained men. *Journal of Applied Physiology*, 86(2), 479-487. Hentet fra <http://jap.physiology.org/content/86/2/479.full-text.pdf+html>
- Berryman, N., Maurel, D., & Bosquet, L. (2010). Effect of plyometric vs. dynamic weight training on the energy cost of running. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1818-1825. doi:10.1519/JSC.0b013e3181def1f5
- Bojsen-Møller, J., Losnegard, T., Kemppainen, J., Viljanen, T., Kalliokoski, K. K., & Hallén, J. (2010). Muscle use during double poling evaluated by positron emission tomography. *Journal of Applied Physiology*, 109(6), 1895-1903. doi:10.1152/jappphysiol.00671.2010
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14(5), 377-381. doi:10.1249/00005768-198205000-00012
- Calbet, J. A. L., 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. *The Journal of Physiology*, 558(1), 319-331. doi:10.1113/jphysiol.2003.059287
- Calbet, J. A. L., Holmberg, H.-C., Rosdahl, H., van Hall, G., Jensen-Urstad, M., & Saltin, B. (2005). Why do arms extract less oxygen than legs during exercise? *American Journal of Physiology*, 289(5), 1448-1458. doi:10.1152/ajpregu.00824.2004
- 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. *European Journal of Applied Physiology*, 88(1-2), 50-60. doi:10.1007/s00421-002-0681-6

- Cerretelli, P., & Prampero, P. E. (1987). Gas exchange in exercise. *Comprehensive Physiology*, 297-339. doi:10.1002/cphy.cp030416
- Chestnut, J. L., & Docherty, D. (1999). The Effects of 4 and 10 Repetition Maximum Weight-Training Protocols on Neuromuscular Adaptations in Untrained Men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(4), 353-359. doi:10.1519/00124278-199911000-00009
- Clarke, D. H., & Irving, R. N. (1960). Objective determination of resistance load for ten repetitions maximum for knee flexion exercise. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 31(2), 131-135. doi:10.1080/10671188.1960.10613087
- Coast, J. R., Blevins, J. S., & Wilson, B. A. (2004). Do gender differences in running performance disappear with distance? *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29(2), 139-145. doi:10.1139/h04-010
- Costill, D. L., Daniels, J., Evans, W., Fink, W., Krahenbuhl, G., & Saltin, B. (1976). Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes. *Journal of Applied Physiology*, 40(2), 149-154. Hentet fra https://www.researchgate.net/profile/David_Costill/publication/23006496_Skeletal_muscle_enzymes_and_fibre_composition_in_male_and_female_athletes/links/5448f9c50cf22b3c14e340f6.pdf
- Di Prampero, P. E. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 90(3-4), 420-429. doi:10.1007/s00421-003-0926-z
- Drinkwater, E. J., Lawton, T. W., Lindsell, R. P., Pyne, D. B., Hunt, P. H., & McKenna, M. J. (2005). Training leading to repetition failure enhances bench press strength gains in elite junior athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(2), 382-388. doi:10.1519/00124278-200505000-00024
- Drinkwater, E. J., Lawton, T. W., McKenna, M. J., Lindsell, R. P., Hunt, P. H., & Pyne, D. B. (2007). Increased number of forced repetitions does not enhance strength development with resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(3), 841-847. doi:10.1519/00124278-200708000-00032
- 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. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 513-517. doi:10.1519/r-12722.1
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts. *Sports Medicine*, 39(6), 469-490. doi:10.2165/00007256-200939060-00003
- Fitts, R. H. (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 74(1), 49-94. doi:10.1007/978-1-4419-9029-7_50
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (2014). *Designing Resistance Training Programs*. Champaign: Human Kinetics.
- Gallagher, D., DiPietro, L., Vissek, 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. doi:10.1519/JSC.0b013e3181d8331e
- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine*, 31(10), 725-741. doi:10.2165/00007256-200131100-00003
- Goedecke, J. H., Gibson, A. S. C., Grobler, L., Collins, M., Noakes, T. D., & Lambert, E. V. (2000). Determinants of the variability in respiratory exchange ratio at rest and during exercise in trained athletes. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 279(6), 1325-1334. Hentet fra <http://ajpendo.physiology.org/content/ajpendo/279/6/E1325.full.pdf>
- Gollnick, P., Armstrong, R., Saubert, C. t., Piehl, K., & Saltin, B. (1972). Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. *Journal of Applied Physiology*, 33(3). Hentet fra http://www.exercisephysiology.net/articles/enzyme_activ_fiber_composition_untrained_trained_men_Saltin_1972.pdf
- Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., . . . Bach, R. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve $\dot{V}O_2\text{max}$ more than moderate training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(4), 665-671. doi:10.1249/mss.0b013e3180304570
- Hickson, R. C. (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 45(2-3), 255-263. doi:10.1007/bf00421333

- Hickson, R. C., Dvorak, B. A., Gorostiaga, E. M., Kurowski, T. T., & Foster, C. (1988). Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, *65*(5), 2285-2290. Hentet fra <http://jap.physiology.org/content/jap/65/5/2285.full.pdf>
- Hinckson, E. A., & Hopkins, W. G. (2005). Reliability of time to exhaustion analyzed with critical-power and log-log modeling. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *37*(4), 696-701. doi:10.1249/01.mss.0000159023.06934.53
- Hoff, J., Helgerud, J., & Wisloff, U. (1999). Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *31*(6), 870-877. doi:10.1097/00005768-199906000-00016
- Hoff, J., Gran, A., & Helgerud, J. (2002). Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *12*(5), 288-295. doi:10.1034/j.1600-0838.2002.01140.x
- Holm, L., Reitelseder, S., Pedersen, T. G., Doessing, S., Petersen, S. G., Flyvbjerg, A., . . . Kjaer, M. (2008). Changes in muscle size and MHC composition in response to resistance exercise with heavy and light loading intensity. *Journal of Applied Physiology*, *105*(5), 1454-1461. doi:10.1152/jappphysiol.90538.2008
- Holmberg, H.-C., Lindinger, S., Stöggl, T., Eitzlmair, E., & Müller, E. (2005). Biomechanical analysis of double poling in elite cross-country skiers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *37*(5), 807-818. doi:10.1249/01.mss.0000162615.47763.c8
- Holmberg, H.-C., Rosdahl, H., & Svedenhag, J. (2007). Lung function, arterial saturation and oxygen uptake in elite cross country skiers: influence of exercise mode. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *17*(4), 437-444. doi:10.1111/j.1600-0838.2006.00592.x
- Hopkins, W. G., Schabert, E. J., & Hawley, J. A. (2001). Reliability of power in physical performance tests. *Sports Medicine*, *31*(3), 211-234. doi:10.2165/00007256-200131030-00005
- Hughson, R. L. (2009). Oxygen uptake kinetics: historical perspective and future directions. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, *34*(5), 840-850. doi:10.1139/H09-088

- Häkkinen, K., Alen, M., Kraemer, W. J., Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Rusko, H., . . . Kaarakainen, E. (2003). Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal of Applied Physiology*, 89(1), 42-52. doi:10.1007/s00421-002-0751-9
- Ingham, S., Whyte, G., Jones, K., & Nevill, A. (2002). Determinants of 2,000 m rowing ergometer performance in elite rowers. *European Journal of Applied Physiology*, 88(3), 243-246. doi:10.1007/s00421-002-0699-9
- Ingjer, F. (1991). Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and men elite cross-country skiers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 1(1), 25-30. doi:10.1111/j.1600-0838.1991.tb00267.x
- Ingjer, F. (1992). Development of maximal oxygen uptake in young elite male cross-country skiers: A longitudinal study. *Journal of Sports Sciences*, 10(1), 49-63. doi:10.1080/02640419208729906
- Izquierdo, M., Ibanez, J., González-Badillo, J. J., Häkkinen, K., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., . . . Asiain, X. (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *Journal of Applied Physiology*, 100(5), 1647-1656. doi:10.1152/jappphysiol.01400.2005
- 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. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 289-295. doi:10.1519/r-18465.1
- Jeukendrup, A., Saris, W. H., Brouns, F., & Kester, A. D. (1996). A new validated endurance performance test. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(2), 266-270.
- Johnston, R. E., Quinn, T. J., Kertzer, R., & Vroman, N. B. (1995). Improving Running Economy Through Strength Training. *Strength & Conditioning Journal*, 17(4), 7-13. doi:10.1519/1073-6840(1995)017<0007:iretst>2.3.co;2
- Jones, A. M., & Poole, D. C. (2005). *Oxygen Uptake Kinetics in Sport, Exercise and Medicine* (A. M. Jones & D. C. Poole Eds.). New York, USA: Routledge.
- Jones, A. M., Grassi, B., Christensen, P. M., Krustup, P., Bangsbo, J., & Poole, D. C. (2011). Slow component of $\dot{V}O_2$ kinetics: mechanistic bases and practical

applications. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(11), 2046-2062.
doi:10.1249/MSS.0b013e31821fcfc1

Kraemer, W. J., Deschenes, M. R., & Fleck, S. J. (1988). Physiological adaptations to resistance exercise. *Sports Medicine*, 6(4), 246-256.

Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S., . . . Hoffman, J. R. (2002). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 34(2), 364-380. Hentet fra http://ovidsp.uk.ovid.com/sp-3.20.0b/ovidweb.cgi?WebLinkFrameset=1&S=DCNIPDKKLNHFPMCFNKLHBGPFLPAA00&returnUrl=ovidweb.cgi%3f%26Full%2bText%3dL%257cS.s h.32.33%257c0%257c00005768-200202000-00027%26S%3dDCNIPDKKLNHFPMCFNKLHBGPFLPAA00&directlink=http%3a%2f%2fovidsp.uk.ovid.com%2fovftpdfs%2fPDHFFNBGLHCFLN00%2ffs002%2fovft%2flive%2fgv004%2f00005768%2f00005768-200202000-00027.pdf&filename=Progression+Models+in+Resistance+Training+for+Health+y+Adults.&pdf_key=PDHFFNBGLHCFLN00&pdf_index=/fs002/ovft/live/gv004/00005768/00005768-200202000-00027

Krogh, A., & Lindhard, J. (1913). The regulation of respiration and circulation during the initial stages of muscular work. *The Journal of Physiology*, 47(1-2), 112-136. doi:10.1113/jphysiol.1913.sp001616

Larsson, P., Olofsson, P., Jakobsson, E., Burlin, L., & Henriksson-Larsén, K. (2002). Physiological predictors of performance in cross-country skiing from treadmill tests in male and female subjects. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 12(6), 347-353. doi:10.1034/j.1600-0838.2002.01161.x

Laursen, P. B., & Jenkins, D. G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training. *Sports Medicine*, 32(1), 53-73. doi:10.2165/00007256-200232010-00003

Levin, G. T., McGuigan, M. R., & Laursen, P. B. (2009). Effect of concurrent resistance and endurance training on physiologic and performance parameters of well-trained endurance cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2280-2286. doi:10.1519/JSC.0b013e3181b990c2

Lindinger, S. J., & Holmberg, H.-C. (2011). How do elite cross-country skiers adapt to different double poling frequencies at low to high speeds? *European Journal of Applied Physiology*, 111(6), 1103-1119. doi:10.1007/s00421-010-1736-8

- Londeree, B. R. (1997). Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(6), 837-843. doi:10.1097/00005768-199706000-00016
- 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. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(3), 389-401. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.01074.x
- Losnegard, T., Myklebust, H., & Hallén, J. (2012). Anaerobic capacity as a determinant of performance in sprint skiing. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(4), 673-681. doi:10.1249/mss.0b013e3182388684
- Losnegard, T., Myklebust, H., Spencer, M., & Hallén, J. (2013). Seasonal variations in VO₂max, O₂-cost, O₂-deficit, and performance in elite cross-country skiers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(7), 1780-1790. doi:10.1519/JSC.0b013e31827368f6
- Losnegard, T. (2013). *Physiological determinants of performance in modern elite cross-country skiing*. (Doktorgradsavhandling), Norges Idrettshøgskole, Oslo.
- Losnegard, T., Schäfer, D., & Hallén, J. (2014). Exercise economy in skiing and running. *Frontiers in Physiology*, 5, 5. doi:10.3389/fphys.2014.00005
- Losnegard, T., & Hallén, J. (2014). Physiological differences between sprint-and distance-specialized cross-country skiers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9, 25-31. doi:10.1123/IJSP.2013-0066
- Mahood, N. V., Kenefick, R. W., Kertzer, R., & Quinn, T. J. (2001). Physiological determinants of cross-country ski racing performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(8), 1379-1384. doi:10.1097/00005768-200108000-00020
- Maughan, R., Watson, J. S., & Weir, J. (1983). Strength and cross-sectional area of human skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, 338, 37-49. doi:10.1113/jphysiol.1983.sp014658
- McCall, G. E., Byrnes, W. C., Dickinson, A., Pattany, P. M., & Fleck, S. J. (1996). Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 81(5), 2004-2012. Hentet fra <http://jap.physiology.org/jap/81/5/2004.full.pdf>

- McGawley, K., & Holmberg, H.-C. (2014). Aerobic and anaerobic contributions to energy production among junior male and female cross-country skiers during diagonal skiing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(1), 32-40. doi:10.1123/ijsp.2013-0239
- Medbø, J. I., Mohn, A.-C., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O., & Sejersted, O. M. (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *Journal of Applied Physiology*, 64(1), 50-60. Hentet fra <http://t063.camel.ntupes.edu.tw/ezcatfiles/t063/download/attdown/0/maod%202.pdf>
- Medbø, J. I., & Burgers, S. (1990). Effect of training on the anaerobic capacity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22(4), 501-507. doi:10.1249/00005768-199008000-00014
- Mikkola, J., Rusko, H. K., Nummela, A. T., Paavolainen, L. M., & Hakkinen, K. (2007). Concurrent endurance and explosive type strength training increases activation and fast force production of leg extensor muscles in endurance athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 613-620. doi:10.1519/r-20045.1
- Mikkola, J., Vesterinen, V., Taipale, R., Capostagno, B., Hakkinen, K., & Nummela, A. (2011). Effect of resistance training regimens on treadmill running and neuromuscular performance in recreational endurance runners. *Journal of Sports Sciences*, 29(13), 1359-1371. doi:10.1080/02640414.2011.589467
- Millet, G. P., Boissiere, D., & Candau, R. (2003). Energy cost of different skating techniques in cross-country skiing. *Journal of Sports Sciences*, 21(1), 3-11. doi:10.1080/0264041031000070903
- Millet, G. Y., Hoffman, M. D., Candau, R. B., & Clifford, P. S. (1998). Poling forces during roller skiing: effects of technique and speed. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(11), 1645-1653. doi:10.1097/00005768-199811000-00014
- Millet, G. Y., Perrey, S., Candau, R., & Rouillon, J. D. (2002). Relationships between aerobic energy cost, performance and kinematic parameters in roller ski skating. *International Journal of Sport Medicine*, 23(3), 191-195. doi:10.1055/s-2002-23178

- Montero, D., & Lundby, C. (2015). The Effect of Exercise Training on the Energetic Cost of Cycling. *Sports Medicine*, 45(11), 1603-1618. doi:10.1007/s40279-015-0380-1
- Moss, B., Refsnes, P., Abildgaard, A., Nicolaysen, K., & Jensen, J. (1997). Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75(3), 193-199. doi:10.1007/s004210050147
- Mygind, E., Larsson, B., & Klausen, T. (1991). Evaluation of a specific test in cross-country skiing. *Journal of Sports Sciences*, 9(3), 249-257. doi:10.1080/02640419108729887
- Nader, G. A. (2006). Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(11), 1965-1970. doi:10.1249/01.mss.0000233795.39282.33
- Nilsson, J., Jakobsen, V., Tveit, P., & Eikrehagen, O. (2003). Skiing: Pole length and ground reaction forces during maximal double poling in skiing. *Sports Biomechanics*, 2(2), 227-236. Hentet fra <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/14763140308522820>
- Nilsson, J., Holmberg, H.-C., Tveit, P., & Hallén, J. (2004). Effects of 20-s and 180-s double poling interval training in cross-country skiers. *European Journal of Applied Physiology*, 92(1-2), 121-127. doi:10.1007/s00421-004-1042-4
- Noordhof, D. A., De Koning, J. J., & Foster, C. (2010). The maximal accumulated oxygen deficit method. *Sports Medicine*, 40(4), 285-302. doi:10.2165/11530390-000000000-00000
- O'Donoghue, P. (2012). *Statistics for Sport and Exercise Studies*. Cornwall, Great Britain: Routledge.
- Paavolainen, L., Hakkinen, K., & Rusko, H. (1991). Effects of explosive type strength training on physical performance characteristics in cross-country skiers. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 62(4), 251-255. doi:10.1007/bf00571548
- Paavolainen, L., Hakkinen, K., Hamalainen, I., Nummela, A., & Rusko, H. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running

economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*, 86(5), 1527-1533.
doi:10.1034/j.1600-0838.2003.00340.x

- Raastad, T., Paulsen, P., Refsnes, P. E., Rønnestad, B. R., & Wisnes, A. R. (2010). *Styrketrening - i teori og praksis*. Oslo: Gyldendal undervisning.
- Richardson, R. S., & Saltin, B. (1998). Human muscle blood flow and metabolism studied in the isolated quadriceps muscles. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(1), 28-33. doi:10.1097/00005768-199801000-00005
- Rud, B. (2011). *The significance of the skeletal muscular oxidative capacity during whole body exercise*. (Doktorgradsavhandling), Norges Idrettshøgskole, Oslo. Hentet fra <http://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/171315>
- 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. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(6), 913-919. doi:10.1111/sms.12133
- Rundell, K. W., & Bacharach, D. W. (1995). Physiological characteristics and performance of top US biathletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27(9), 1302-1310. doi:10.1249/00005768-199509000-00010
- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A., & Raastad, T. (2010). Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 108(5), 965-975. doi:10.1007/s00421-009-1307-z
- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A., & Raastad, T. (2011). Strength training improves 5-min all-out performance following 185 min of cycling. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(2), 250-259. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.01035.x
- 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. *European Journal of Applied Physiology*, 112(6), 2341-2352. doi:10.1007/s00421-011-2204-9

- Rønnestad, B. R., & Mujika, I. (2013). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24, 603-612. doi:10.1111/sms.12104
- Sahlin, K. (1992). Metabolic factors in fatigue. *Sports Medicine*, 13(2), 99-107. doi:10.2165/00007256-199213020-00005
- Saltin, B. (1985). Hemodynamic adaptations to exercise. *The American Journal of Cardiology*, 55(10), 42-47. doi:10.1016/0002-9149(85)91054-9
- Sandbakk, Ø., Holmberg, H.-C., Leirdal, S., & Ettema, G. (2010). Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world class and national level sprint skiers. *European Journal of Applied Physiology*, 109(3), 473-481. doi:10.1007/s00421-010-1372-3
- Sandbakk, Ø., Holmberg, H.-C., Leirdal, S., & Ettema, G. (2011). The physiology of world-class sprint skiers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(6), 9-16. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01117.x
- Sandbakk, Ø., Welde, B., & Holmberg, H.-C. (2011). Endurance training and sprint performance in elite junior cross-country skiers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(5), 1299-1305. doi:10.1519/jsc.0b013e3181d82d11
- Sandbakk, Ø., Ettema, G., Leirdal, S., & Holmberg, H.-C. (2012). Gender differences in the physiological responses and kinematic behaviour of elite sprint cross-country skiers. *European Journal of Applied Physiology*, 112(3), 1087-1094. doi:10.1007/s00421-011-2063-4
- 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. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(1), 28-33. doi:10.1111/j.1600-0838.2012.01482.x
- Sandbakk, Ø., & Holmberg, H.-C. (2014). A reappraisal of success factors for Olympic cross-country skiing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(1), 117-121. doi:10.1123/ijsp.2013-0373
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Medicine*, 34(7), 465-485. doi:10.2165/00007256-200434070-00005

- Schantz, P., Randall-Fox, E., Hutchison, W., Tydén, A., & Åstrand, P. O. (1983). Muscle fibre type distribution, muscle cross-sectional area and maximal voluntary strength in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 117(2), 219-226. doi:10.1111/j.1748-1716.1983.tb07200.x
- 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. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(9), 2433-2443. doi:10.1519/JSC.0b013e318280cc26
- Seiler, S., De Koning, J. J., & Foster, C. (2007). The fall and rise of the gender difference in elite anaerobic performance 1952-2006. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(3), 534-540. doi:10.1249/01.mss.0000247005.17342.2b
- Sidossis, L., Horowitz, J., & Coyle, E. (1992). Load and velocity of contraction influence gross and delta mechanical efficiency. *International Journal of Sports Medicine*, 13(5), 407-411. doi:10.1055/s-2007-1021289
- Skattebo, Ø. (2014). *Effekten av maksimal styrketrening på prestasjonen i langrenn: en 10 uker lang intervensjonsstudie*. (Mastergradsavhandling, Norges Idrettshøgskole), Ø. Skattebo, Oslo. Hentet fra <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/221724/SkatteboO2014v.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 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. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. doi:10.1111/sms.12517
- Spurrs, R. W., Murphy, A. J., & Watsford, M. L. (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 89(1), 1-7. doi:10.1007/s00421-002-0741-y
- 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. doi:10.1519/1533-4287(2000)014<0282:ccsrpp>2.0.co;2
- 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. doi:10.1519/00124278-199411000-00005

- Strømme, S. B., Ingjer, F., & Meen, H. D. (1977). Assessment of maximal aerobic power in specifically trained athletes. *Journal of Applied Physiology*, 42(6), 833-837. Hentet fra <http://jap.physiology.org/content/42/6/833.full-text.pdf+html>
- Stöggl, 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. doi:10.1249/mss.0b013e3180537201
- Stöggl, T., & Müller, E. (2009). Kinematic determinants and physiological response of cross-country skiing at maximal speed. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(7), 1476-1487. doi:10.1249/MSS.0b013e31819b0516
- Stöggl, T., & Sperlich, B. (2015). The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes. *Frontiers in Physiology*, 6, 1-14. doi:10.3389/fphys.2015.00295
- Støren, O., Helgerud, J., Stoa, E. M., & Hoff, J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(6), 1087-1092. doi:10.1249/MSS.0b013e318168da2f
- Tesch, P. A. (1985). Exercise performance and β -blockade. *Sports Medicine*, 2(6), 389-412. doi:10.2165/00007256-198502060-00002
- Vikmoen, O. (2015). *Effects of heavy strength training on performance determinants and performance in cycling and running*. (Doktorgradsavhandling), Norges Idrettshøgskole, Oslo.
- Vikmoen, O., Ellefsen, S., Trøen, O., Hollan, I., Hanestadhaugen, M., Raastad, T., & Rønnestad, B. R. (2015). Strength training improves cycling performance, fractional utilization of VO and cycling economy in female cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(4), 384-396. doi:10.1111/sms.12468
- Vollaard, N. B., Constantin-Teodosiu, D., Fredriksson, K., Rooyackers, O., Jansson, E., Greenhaff, P. L., . . . Sundberg, C. J. (2009). Systematic analysis of adaptations in aerobic capacity and submaximal energy metabolism provides a unique insight into determinants of human aerobic performance. *Journal of Applied Physiology*, 106(5), 1479-1486. doi:10.1152/jappphysiol.91453.2008
- Weiss, L. W., Conex, H. D., & Clark, F. C. (1999). Differential functional adaptations to short-term low-, moderate-, and high-repetition weight training. *Journal of*

Strength & Conditioning Research, 13(3), 236-241. doi:10.1519/00124278-199908000-00010

Welde, B., Evertsen, F., Von Heimburg, E., & Medbø, J. I. (2003). Energy cost of free technique and classical cross-country skiing at racing speeds. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(5), 818-825. doi:10.1249/01.mss.0000064936.04725.fd

Welde, B. (2006). *The significance of endurance training, resistance training and motivational styles in athletic performance among elite junior cross-country skiers*. (Doktorgradsavhandling), Norges tekniske-naturvitenskapelige universitet, Trondheim.

Wenger, H. A., & Bell, G. J. (1986). The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. *Sports Medicine*, 3(5), 346-356. doi:10.2165/00007256-198603050-00004

Whipp, B. J., & Wasserman, K. (1972). Oxygen uptake kinetics for various intensities of constant-load work. *Journal of Applied Physiology*, 33(3), 351-356. Hentet fra <http://jap.physiology.org/jap/33/3/351.full.pdf>

Øfsteng, S. J. (2015). *Effekt av tung styrketrening på prestasjon direkte etter 110 min staking på en submaksimal belastning*. (Mastergradsavhandling, Norges Idrettshøgskole), S. J. Øfsteng, Oslo. Hentet fra <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2357688/Ofsteng%20SJ%202015v.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

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. *European Journal of Applied Physiology*, 88(3), 255-263. doi:10.1007/s00421-002-0717-y

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. *Journal of Strength and Conditioning Research*. doi:10.1519/jsc.0000000000001345

Åstrand, P. O., Rodahl, K., Dahl, H. A., & Strømme, S. B. (2003). *Textbook of Work Physiology* (Fourth ed.). New York: McGraw-Hill.

Tabelloversikt

Tabell 3.1. Karakteristikk for muskulær utholdenhetsgruppe (MUH, n=11) og kontrollgruppe (KON, n=11).....	21
Tabell 3.2. Skjematisk oversikt over prosjektets oppbygning. Styrketester bestod av 1RM og muskulær utholdenhetstest.	22
Tabell 3.3 Oppsummering av prosjektspesifikke treningsøkter.	29
Tabell 4.1. Total trening, stakspesifikk trening, generell styrketrening, intensitetsfordeling og prosjektspesifikke økter gjennomført før og under intervensjonsperioden for MUH og KON. Soner for intensitet: høy ≥ 83 % av HF _{maks} , lav ≤ 82 % av HF _{maks}	33
Tabell 4.2. Stakefrekvens (Hz) ved 21 og 41 min for MUH (n=11) og KON (n=11). Data er gjennomsnittsverdi \pm standardavvik.	37
Tabell 5.1. Fremgang per økt ved testing av muskulær utholdenhet.	41
Tabell 5.2. Korrelasjoner mellom 1000m-tid og ulike utregningsmetoder for VO _{2-peak} -steking og VO _{2-maks} . Utrengningene er basert på verdier fra pretest. n=22. *= $p < 0,05$	50

Figuroversikt

Figur 2.1. Forenklet oversikt over bestemmende faktorer for aerob utholdenhetsprestasjon, basert på Bassett og Howley (2000).	8
Figur 2.2. Studier gjort på styrketrening og langrenn rangert i forhold til strength endurance continuum. Alle representerte studier gjennomførte en langrenns-spesifikk prestasjonstest.	18
Figur 3.1. Skjematisk oppbygning av stake-tilvenning på tredemølle. B, Borgs skala; ↓, munnstykke inn; ↑, munnstykke ut.	24
Figur 3.2. Oversikt over styrkeøvelsen som ble benyttet i prosjektet.	25
Figur 3.3. Skjematisk oppbygning av stakeprotokoll. B = Borgs skala, ↓ = munnstykke inn, ↑ = munnstykke ut.	28
Figur 3.4. Én stakesyklus ved staking på mølle.	27
Figur 4.1. Pre- til posttest utvikling for MUH (n=11) og KON (n=11) i maksimal styrke (A) og muskulær utholdenhet (B). Feilmarkører angir standardavvik. * = signifikant endring fra pre- til posttest innad i gruppen (p<0,05). # = signifikant forskjell i pre-post endring mellom grupper (p<0,05).	34
Figur 4.2. VO ₂ , RER og hjertefrekvens ved submaksimal staking på tredemølle i 50 min ved pre- og posttest. MUH (n=11) er representert ved figurene til venstre, KON (n=11 (n=10 ved 50 min)) for VO ₂ og RER, n=9 (n=8 ved 50 min) for hjertefrekvens) ved figurene til høyre. X-akse ((E) og (F)) angir gjennomsnittsfart ved hver måling ved n=11. Feilmarkører viser standardavvik. * = signifikant forskjell mellom pre- og posttest-verdier (p<0,05). RER = respiratory exchange ratio.	35
Figur 4.3. Opplevd anstrengelse ved Borgs skala (6–20) etter 20, 35 og 45 min for MUH (n=11) (A) og KON (n=11 ved 20 og 35 min, n=10 ved 45 min) (B). Feilmarkører angir standardavvik. * = signifikant forskjell mellom pre- og postverdier (p<0,05).	36
Figur 4.4. Tid ved 1000m-test (A) og VO _{2-peak-staking} (B) ved pre- og posttest for MUH (n=11) og KON (n=10). Feilmarkører angir standardavvik. * = signifikant forskjell mellom pre- og posttest innad i gruppe.	38
Figur 4.5. Linjene er basert på punkter viser gruppegjennomsnitt ved pre- og posttest for submaksimalt oksygenopptak og tilhørende hastighet etter 10, 15 og 20 min. MUH er vist til venstre (A), KON til høyre (B). Piler viser VO _{2-peak} og tilhørende hastighet for MUH pre (a), MUH post (b), KON pre (c) og KON post (d). Punkter tilhørende hver enkelt linje hadde ved alle tilfeller perfekt korrelasjon (r=1).	38
Figur 4.6. Sammenheng mellom endring i oksygenopptak og henholdsvis endring i muskulær utholdenhet (r= -0,26; n=22) (A) og mellom endring i 1RM (r= -0,19; n=22)	

(B). Alle prosentverdier er oppgitt som pre- posttest endring. RM = repetisjon maksimum.	39
Figur 4.7. Sammenhengen mellom endring i 1000m-tid og henholdsvis endring i oksygenopptak ($r= 0,44$; $n=21$) (A) og høyeste aerobe hastighet ($r= 0,42$; $n=21$) (B). Alle prosent-verdier er oppgitt som relativ pre- posttest endring.....	40
Figur 5.1. Submaksimal O_2 -kostnad i prosent av $VO_{2-peak-staking}$ ved pre- og posttest for MUH ($n=11$) (A) og KON ($n=11$) (B). Feilmarkører angir standardavvik. * = signifikant forskjell mellom pre- og postverdier ($p<0,05$).	46
Figur 5.2 Sammenhengen mellom endring i oksygenopptak og endring i henholdsvis muskulær utholdenhet ($r=0,68$; $n=10$) (A) og 1RM ($r=0,37$; $n=10$) (B) i MUH ved ekskludering av en uteligger (markert med firkant).	51

Forkortelser

1RM	Én repetisjon maksimum
FP	Førsøksperson(-er)(-ene)
GE	Gross efficiency
HF	Hjertefrekvens
KON	Gruppe som trener løpeintervaller
LT	Laktatterskel
MUH	Gruppe som trener muskulær utholdenhet og løpeintervaller
O ₂	Oksygen
RER	Respiratory exchange ratio
TTU	Tid til utmattelse
VO ₂	Oksygenopptak
VO _{2-maks}	Maksimalt oksygenopptak i løping
VO _{2-peak}	Høyeste målte oksygenopptak
♀	Kvinne
♂	Mann

Vedlegg

I Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet

II Reliabilitet

Vedlegg I

Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet

«Effekten av muskulær utholdenhetstrening på prestasjon i langrenn»

Bakgrunn og hensikt

Dette er et spørsmål til deg om 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 stakergometer eller på stakemølle, men dette prosjektet vil ha en lang hovedtest på stakemølle. Dette er en bevegeselslik staketest som er spesielt relevant for langløpsutøvere. Med positive resultater kan studiet legge grunnlaget for en ny treningsform innen langrennssporten. 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 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 muskulær-utholdenhetsgruppe (MU) 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 deltagere 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 gjenkjenning 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

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 slyngetrening.

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 mer 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 1 RM (repetisjon maksimum) og muskulær utholdenhet i stående staking. Den andre uken 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, 1 RM 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 4 sett med 30 repetisjoner av en submaksimal belastning. Dette vil si at en ikke skal trene til utmattelse på hvert sett.

For MU, hvor det skal trenes intervaller i samme økt som muskulær utholdenhet, skal det en økt i uken løpes 3x4 minutter, og den andre økten løpes 2x6 minutter. For perioden med bare intervaller skal det trenes 6x4 minutter en gang i uken, og 4x6 minutter ved den andre ukentlige treningsøkten. Alle treningsøktene har en varighet på

45- 50 minutter. 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 vi 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)

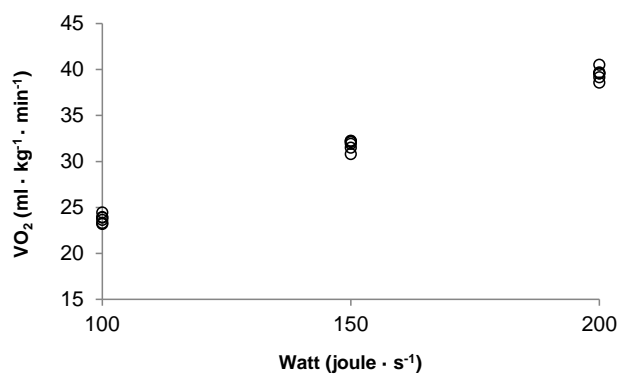
Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

(Signert, rolle i studien, dato)

Vedlegg II

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 og 200W. Dette resulterte i følgende O_2 -kostnad; 23,8, 31,8 og 39,5 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Hver belastning ble holdt i 5 min, O_2 -kostnaden ble registrert som gjennomsnittet fra 3–5 min. Variasjonskoeffisienten på ergospirometrisystemet som ble benyttet ved samtlige VO_2 -målinger under prosjektet var 1,5% (IKK=0,999) beregnet ut ifra 18 målinger ved *steady state*.



Reliabilitetstest av ergospirometrisystem under prosjektperioden. Hver sirkel indikerer gjennomsnittet av VO_2 -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 hver testdag. Samme testprosedyrer og utstyr som FP i prosjektet ble benyttet. 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 absolutte vektbelastning (kg) under alle testene.

