

Jenni Hesselberg Indby

Effekten av bevegelsesspesifikk oppvarming i forkant av 800m-test på rulleskimølle

Masteroppgave i idrettsvitenskap
Seksjon for fysisk prestasjonsevne
Norges idrettshøgskole, 2012

Sammendrag

Innledning: Det er få eller ingen arbeider som har studert effekten av å gjennomføre en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster i forkant av et maksimalt arbeid til utmattelse. Målet med denne studien var å se om en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster påvirket prestasjonen på 800m-test på rulleski, sammenliknet med en generell oppvarming med løping som bevegelsesmønster. Det ble også undersøkt om det var noen forskjeller i fysiologiske variabler (HF, VO_2 , $[La^-]_{bl}$) etter en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster sammenliknet med en generell oppvarming.

Metode: Totalt 10 godt trente (VO_{2maks} løp: $70,7 \pm 5,8$ ml*min⁻¹*kg⁻¹) mannlige langrensløpere og skiskyttere deltok i studien. Forsøkspersonene (FP) gjennomførte laktatprofil og VO_{2maks} -test i henholdsvis løping og på rulleski (skøyting). Under testdag 3 og 4 hadde oppvarmingen en varighet på 20 minutter, der 5 min ble gjennomført med en arbeidsbelastning på 55% av VO_{2maks} , og 15 min på 65% av VO_{2maks} . Under protokoll 1 foregikk oppvarming på rulleski, mens under protokoll 2 foregikk oppvarmingen med løping som bevegelsesmønster. Hver oppvarmingsprotokoll ble etterfulgt av en 800m prestasjonstest, der FP selv styrte hastigheten via et lasersystem. Det var randomisert hvilken protokoll som ble gjennomført først. HF, $[La^-]_{bl}$ og VO_2 ble målt på angitte tidspunkt under begge protokollene.

Resultater: Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell i tiden brukt på 800m prestasjonstest etter en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster, sammenliknet med generell oppvarming. $[La^-]_{bl}$ og HF var høyere etter oppvarmingsprotokoll 1, sammenliknet med protokoll 2. Det ble målt høyere VO_{2peak} under 800m-testene etter oppvarming på rulleski, enn ved en generell oppvarming.

Konklusjon: En spesifikk oppvarming i forkant av en langrennssprint vil ikke påvirke prestasjonen i særlig grad, sammenliknet med en generell oppvarming der løping ble brukt som bevegelsesmønster. Videre støtter resultatene fra dette arbeidet tidligere antagelser om at fysiologiske parametere, som HF og $[La^-]_{bl}$, er høyere ved submaksimale belastninger når rulleski blir brukt som bevegelsesmetode, sammenliknet med det som tradisjonelt har blitt sett ved løping. Ut i fra resultatene fra tidligere og det foreliggende arbeidet er det rimelig å kunne tenke at en kombinasjon av oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster og spesifikk arbeidsintensitet ville kunne føre til en forbedring i prestasjon med tanke på sprint i langrenn.

Forord

Jeg valgte denne oppgaven fordi jeg synes temaet var spennende og jeg kunne være med å påvirke utformingen til prosjektet. Samtidig var det en tanke at det var relevant praksis med mye testing med tanke på videre arbeid. I løpet av dette året har jeg lært utrolig mye. Min veileder har vært Frank Ingjer. Takk for oppmuntring og god rettleiding, samt kritisk og grundig gjennomgang av alt jeg har skrevet. Takk for utrolig raske tilbakemelding og for at du er tilgjengelig døgnet rundt. Takk til Svein Leirstein og Vidar Jakobsen for god opplæring på laben og bruk av rulleskimølla, og for at dere var behjelpelige når det dukket opp problemer.

Takk til Martin Skaugen og Dag Aalvik for hjelp i forberedelse og planlegging av studiet, pilottesting og hjelp ved testing på rulleskimølla. Og takk til de andre gutta på kontoret for trivelige lunsjpauser, kaffepauser, og diskusjoner, det har tross alt vært et sosialt år.

Takk til Ingrid Damgård for at du har stilt opp som pilottester, hjelp på laben, og for mange fine treningspauser i løpet av året som har gått, det er gullverdt.

Takk til Lene Godager for din kritiske vurderingsevne, og nyttige og konkrete tilbakemeldinger, samt at du lærte meg å bruke EndNote.

Til slutt en stor takk til alle mine forsøkspersoner fra ulike skiklubber i Oslo, som har stilt opp til avtalt tid og sted. Uten dere ville det vært umulig å gjennomføre prosjektet.

Innhold

1	Innledning	8
1.1	Problemstilling	9
2	Teori	10
2.1	Generelt om oppvarming	10
2.1.1	Generelt om sprintlangrenn	11
2.2	Temperaturforandring ved oppvarming	11
2.3	Varighet og arbeidsintensitet på oppvarmingen.....	14
2.3.1	Varighet	14
2.3.2	Arbeidsintensitet	15
2.4	Aerob kapasitet	18
2.4.1	Forskjeller i VO_2 , HF og La^- ved ulike bevegelsesformer	19
2.5	Anaerob kapasitet.....	21
2.5.1	Måling av anaerob kapasitet	22
2.5.2	Fordeling mellom aerob og anaerob energifrigjøring under sprint	22
2.5.3	Nedbrytning av La^-	24
2.6	Teknikkvalg underveis i en langrennssprint	25
3	Metode.....	29
3.1	Studiedesign	29
3.2	Forsøkspersoner og rekruttering	29
3.3	Inklusjons- og eksklusjonskriterier	30
3.4	Pilottester.....	31
3.5	Forsøksprotokoll.....	31
3.6	Målemetoder.....	32
3.7	Testprosedyrer	35
3.7.1	Tilvenning	35
3.7.2	Laktatprofiltest – løp	35
3.7.3	VO_{2maks} test – løp	36
3.7.4	Laktatprofiltest – rulleski	37
3.7.5	VO_{2maks} test – rulleski	38
3.7.6	Prestasjonstest 800 meter	38
3.7.7	Oppvarmingsprotokoll 1	39
3.7.8	Oppvarmingsprotokoll 2	40
3.7.9	Beregninger av arbeidsbelastninger ved oppvarmingsprotokollene	41
3.8	Databehandling og analyser.....	42
3.8.1	Statistikk	42
4	Resultater.....	43
4.1	Tid på 800m prestasjonstest	43
4.2	Endring i $[La^-]_{bl}$ under oppvarming	43
4.3	VO_2 under protokoll 1 og 2	45
4.4	Forløpet til HF under protokoll 1 og 2	46
4.5	Forskjell i VO_{2maks} mellom rulleskigåing og løping	48
4.5.1	Forskjell i VO_{2maks} mellom langrennsløpere og skiskyttere	49
5	Diskusjon	51
5.1	Metodiske betraktninger	51
5.1.1	Gjennomføring av testene	51
5.1.2	Forandring i friksjon på rulleski under test	52

5.1.3	Måling av arteriell oksygen metning i blodet	53
5.2	Tid til utmattelse	53
5.2.1	Arbeidsintensitet på oppvarming	55
5.3	Fysiologiske variabler: VO_2, $[La]_{bl}$ og HF	56
5.3.1	Oksygenopptak	56
5.3.2	Blodlaktat	57
5.3.3	Hjertefrekvens	58
5.4	Oppnådd VO_{2maks} i løping og på rulleski (skøyting)	60
5.4.1	Forskjeller i VO_{2maks} mellom langrensløpere og skiskyttere	61
5.5	Praktisk betydning av studiet	62
6	Konklusjon	63
	Referanser	64
	Tabelloversikt	71
	Figuroversikt	71
	Vedlegg	74

Forkortelser

FP	Forsøksperson
HF	Hjertefrekvens (slag*min ⁻¹)
HF _{maks}	Maksimalhjertefrekvens (slag*min ⁻¹).
HF _{peak}	Høyeste hjertefrekvens målt under 800m-test (slag*min ⁻¹).
La ⁻	Laktat (molekyl)
[La ⁻] _{bl}	Konsentrasjonen av laktat i blodet (mmol*l ⁻¹)
NS	ikke signifikant forskjell
p	signifikansnivå
SD	Standardavvik
'steady state'	Platå for fysiologiske variabler ved submaksimale arbeidsbelastninger
S _p O ₂	Hemoglobinetts arterielle oksygenmetning målt med pulsoksimeter
T _m	Intramuskulær temperatur
T _r	Rektal temperatur
T _c	Kjernetemperatur
V _E	Ventilasjon
VO ₂	Oksygenopptak (ml*min ⁻¹ *kg ⁻¹)
VO _{2maks}	Maksimalt oksygenopptak (ml*min ⁻¹ *kg ⁻¹)
VO _{2peak}	Høyest målte oksygenopptak under 800m-test (ml*min ⁻¹ *kg ⁻¹)
V1	Padling, skøyteteknikk som brukes i motbakker
V2	Dobbeldans, skøyteteknikk som brukes i slake motbakker
V3	Enkeldans, skøyteteknikk som brukes i flatt terreng og slake medoverbakker
μ _R	Friksjonskoeffisient

1 Innledning

Sprintlangrenn er en relativt ny øvelse innen langrenn i World cup sammenheng. Første internasjonale sprintkonkurransen i mesterskap ble gjennomført i VM i Lahti (Finland) i 2001. Det er i sprintlangrenn, som i de fleste idretter på høyt nivå, små marginer som skiller de beste utøverne fra hverandre. I noen tilfeller kan det være bare få centimeter som skiller de beste løperne i en sprintfinale. Det vil derfor være viktig å forsøke og optimalisere betingelsene for flest mulig av de faktorene som er med på å påvirke prestasjonsevnen, om dette så viser seg å bare har en marginal betydning. Det kreves ofte raske endringer i arbeidsbelastningene og derfor også energikravet underveis i en langrennssprint. Det er mulig at en oppvarming med en tilfredsstillende varighet og arbeidsintensitet, som bl.a. vil kunne medføre en høyere baseline- $\dot{V}O_2$ etter en oppvarming og før et nytt arbeid til utmattelse, vil kunne gi en bedring i prestasjon i selve sprint konkurransen (Koppo & Bouckaert, 2002). I mange tidligere studier som har sett på effektene av oppvarming på prestasjonsevnen benyttes arbeidsformer som løping eller sykling som bevegelsesmåte både under oppvarmingen og den påfølgende aktiviteten. Et flertall av disse studiene har sett på eller sammenlignet effekten av ulike oppvarmingsprotokoller på prestasjonsevnen og/eller utviklingen av forskjellige fysiologiske parametere som HF, $\dot{V}O_2$ og La^- (Brown, Hughes, & Tong, 2008; Genovely & Stamford, 1982; Ingjer & Strømme, 1979). Av de studier som har tatt for seg ulike oppvarmingsprotokoller er det få eller ingen arbeider som har sammenliknet effekten av en idrettsspesifikk oppvarming med bruk av helkroppsarbeid, som rulleskigåing, med en generell oppvarming med bruk av løping som bevegelsesmåte, gjennomført på tilnærmet samme arbeidsbelastning. Ut fra det som er beskrevet ovenfor og de resultater som allerede finnes er det derfor rimelig å anta at oppvarmingen kan være en av mange detaljer som er med å påvirke prestasjonen i en sprintkonkurransen. Det er nærliggende å anta at en spesifikk oppvarming på ski i forkant av en langrennssprint kan bidra til å optimalisere prestasjonen til utøveren noe mer enn om f.eks. løp hadde blitt valgt som bevegelsesmåte under oppvarmingen. Det foreliggende arbeidet har hatt til hensikt å sammenlikne hvordan effektene av en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster

påvirker ytelsen ved en 800m prestasjonstest (~215 sek) i skøyting på rulleskimølla sammenliknet med en generell oppvarming der løping blir brukt som bevegelsesmetode.

1.1 Problemstilling

- Vil prestasjonen på en 800m-test på rulleski (skøyting) forbedres etter en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster sammenliknet med en generell oppvarming?
- Vil det være forskjeller i fysiologiske parametere (HF, VO_2 , $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$) etter en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster sammenliknet med en generell oppvarming?

0-hypotese

- Det er ingen forskjell i prestasjon på 800m-test på rulleski etter en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster, sammenliknet med en generell oppvarming.
- Det er ingen forskjell i fysiologiske parametere etter en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster sammenliknet med en generell oppvarming.

2 Teori

2.1 Generelt om oppvarming

Oppvarming er en vidt akseptert prosedyre som brukes av de fleste utøvere i ulike idretter. Formålet med en oppvarming er å få en gradvis fysisk og psykisk tilpasning av kroppen til en etterfølgende fysisk aktivitet; øke prestasjonsevnene og nedsette risikoen for skader (Michalsik & Bangsbo, 2002). De viktigste fysiologiske effektene av oppvarming vil være å øke kropps- og muskeltemperaturen, øke enzymaktiviteten, få en økning i hastighet på de kjemiske prosessene i bl.a. muskulaturen, noe som vil kunne føre til en bedre avgivelse av oksygen til blodet, samt en økt nerveledningshastighet (Bishop, 2003a; Michalsik & Bangsbo, 2002). Oppvarming kan normalt deles inn i tre typer: passiv, aktiv og spesifikk. Passiv oppvarming innebærer bruk av metoder som badstue, varmt bad, massasje eller liknende. Passiv oppvarming gir først økt temperatur i huden og deretter en gradvis og generell oppvarming av hele kroppen (Hedrick, 1992). Aktiv oppvarming involverer normalt de store muskelgruppene som for eksempel ved løping, det gir først økt temperatur i muskelvevet, så i hele kroppen. Spesifikk oppvarming inkluderer bruk av samme bevegelsesmønstre og de tilhørende muskelgrupper som skal benyttes i den påfølgende aktiviteten. Dette vil først og fremst føre til en økt temperatur i de muskelgruppene som har vært aktivert, deretter i hele kroppen (Hedrick, 1992; Saltin, Gagge, & Stolwijk, 1968).

En av flere mulige effekter av oppvarming kan være å heve yteevnen ved å fungere som et forberedende stimuli for faktorer som virker inn på O_2 -transporten og O_2 -utnyttelsen, og på den måten bidra til å stimulere den aerobe energiomsetningen under den påfølgende aktiviteten (Koppo & Bouckaert, 2002). Ved å heve utgangsnivået på oksygenopptaket kan det se ut til at det innledende O_2 -underskuddet reduseres (Andzel, 1982; McArdle, Katch, & Katch, 2001). Videre vil det være viktig å forsøke å unngå for høy arbeidsintensitet under oppvarming slik at det ikke vil redusere høyenergifosfatlagrene og bli en opphopning av H^+ (Karlsson, Diamant, & Saltin, 1971). Opphopning av La^- kan føre til redusert pH i muskelen som igjen kan føre til

redusert effekt av H^+ på kraftproduksjonen i muskelen (Bishop, Bonetti, & Dawson, 2001).

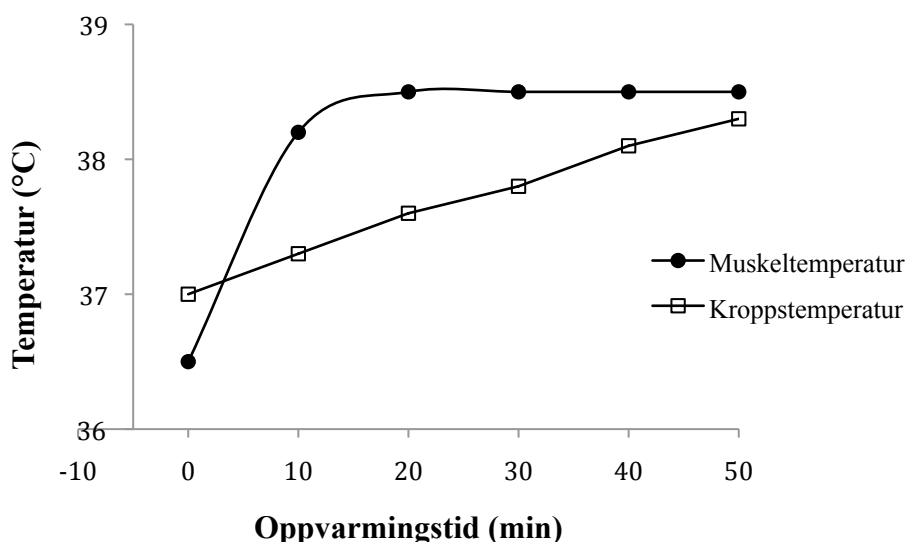
2.1.1 Generelt om sprintlangrenn

En langrennssprint er en intervallpreget konkurranse som inneholder en kvalifikasjonsrunde (prolog) med individuellstart etterfulgt av opptil 3 heat (kvart-, semi-, og finale). Hvert heat varer normalt 2 – 3 minutter, med distanse på 1100 – 1400m for menn (FIS, 2008). Mellom hvert heat er det en hvileperiode på 15-20 minutter, totalt varer sprintkonkurransen i 2-3 timer. Sprintkonkurranser skiller seg fra andre langrennskonkurranser ved at det er kortere distanse, flere taktiske utfordringer, høyere arbeidshastighet og gjentagende arbeidsperioder. Så langt forfatteren har kunnet bringe frem er det ikke gjennomført noen studier som har hatt til hensikt og undersøkt effekten av ulike oppvarmingsprotokoller i langrenn. Ved konkurransetid < 5 minutter kan en av de viktigste grunnene til å varme opp være å øke baseline- VO_2 . Ved sprint vil det være viktig å gjennomføre en oppvarming som øker temperaturen i musklene, øker utgangs- VO_2 som følge av høyere arbeidsintensitet.

2.2 Temperaturforandring ved oppvarming

En økt temperatur primært i de arbeidende muskler, men også i organismen for øvrig, vil kunne være med å bidra til en rekke fysiologiske forandringer eller tilpasninger som i hovedsak er ment å forberede oss til å gjennomføre et anstrengende arbeid. Det kan med det se ut til at forhøyet muskeltemperatur kan føre til at nerveimpulsene til de arbeidende muskler går noe raskere, noe som vil kunne gi både økt kontraksjonskraft i muskelfibrene og øke reaksjonstiden (Bourne, 1992; Hedrick, 1992). Økt nerveimpuls i muskelen som følge av oppvarming kan muligens være med på å forberede utøveren på det som skal skje både psykologisk og fysiologisk, noe som kan gjøre at den enkelte utøver presterer bedre. Andre faktorer som kan påvirkes eller stimuleres av forhøyet temperatur i muskelvevet er en økning i muskelcellenes enzymaktivitet, som igjen vil kunne være med på å øke omsetningshastigheten av ATP (Bourne, 1992). Som et resultat av dette vil oksygentilførselen til de arbeidende muskler øke, dette vil føre til at kapasiteten til arbeidende muskler øker slik at de frigjør og bruker en økt mengde oksygen.

De kjemiske prosessene i organismen er avhengig av å opprettholde et begrenset temperaturområde (37-41°C) for å fungere optimalt. Hastigheten av de kjemiske prosessene i organismen varierer med temperaturen, og går raskere ved høyere temperatur innenfor dette temperaturområdet, dette omtales som Q10 (effekten av temperaturøkning på den metabolske hastigheten) (Michalsik & Bangsbo, 2002). Under aktivitet økes varmeproduksjonen først og fremst som følge av økt energiomsetning og derav økning av varmeproduksjonen i muskulaturen. Varmen transporteres fra musklene med blodet til hjertet og derfra rundt i hele kroppen (Michalsik & Bangsbo, 2002). Under fysisk aktivitet øker kroppstemperaturen og innstiller seg på et høyere nivå enn i hvile (Hedrick, 1992; Saltin et al., 1968). Økningen i muskeltemperaturen kan tildels skje ved at det oppstår friksjon mellom filamentene under en muskelkontraksjon (Hedrick, 1992), men primært ved at energiomsetningen har økt og dermed varmeproduksjonen. Etter en tid med moderat fysisk aktivitet vil kroppstemperaturen øke og nå et platå for deretter å flate ut (figur 2.1) (Saltin & Hermansen, 1966). Dette skjer selv om man fortsetter med fysisk aktivitet med samme moderate arbeidsintensitet (opptil 75% av VO_{2maks} og 85% av HF_{maks}) over tid. Grunnen til dette kan være at varmetapet til omgivelsene reguleres og etter hvert når samme nivå som varmeproduksjonen (Sand, Sjaastad, & Haug, 2001). Hos en person som arbeider på ca 50% av VO_{2maks} stiger



Figur 2.1: Illustrerer forandring i muskel- og kroppstemperatur under oppvarming med moderat arbeidsintensitet. Muskeltemperaturen når et platå etter ca 10 minutter, mens kroppstemperaturen stiger jevnt under hele oppvarmingen. Figuren er gjengitt fra "Aerob og anaerob trening" s. 137 (Michalsik & Bangsbo, 2002).

kroppstemperaturen til opp mot 38°C (Saltin & Hermansen, 1966). Ved hardt arbeid kan kroppstemperaturen stige opp mot ca 40°C, og 43°C i musklene (Michalsik & Bangsbo, 2002).

Flere studier har vist at oppvarming øker T_r (rektal temperatur) (Bishop & Maxwell, 2009; Inbar & Bar-Or, 1975; Saltin et al., 1968; Stewart & Sleivert, 1998). Det er funnet en god korrelasjon mellom T_r og T_m (muskeltemperatur) i arbeidende muskel ved ulike submaksimale arbeidsintensiteter (Saltin et al., 1968). Saltin & Hermansen (1966) gjennomførte en studie med 6 FP (2 damer og 4 menn) hvor de målte T_r , T_m (målt i m. quadriceps, lateralt) og T_c (kjernetemperatur). Det ble gjennomført submaksimale tester på to separate testdager; dag 1 ble gjennomført med arbeidsintensitet på 50% av VO_{2maks} i en time, testdag 2 ble første time gjennomført med arbeidsintensitet på 25% av VO_{2maks} , deretter økte intensiteten til 70% av VO_{2maks} den neste timen. T_m økte signifikant mer i løpet av de tre submaksimale testene, sammenliknet med T_r og T_c . Videre i studien til Saltin & Hermansen (1966) ble det også rapportert en lik temperaturøkning mellom damer og menn ved de ulike submaksimale arbeidsbelastningene, disse resultatene bør vurderes noe kritisk da utvalget ($n = 6$) var lite med to damer og fire menn. I et annet arbeid har det blitt rapportert at T_r var signifikant høyere etter oppvarming (5 min eller 10 min på 50% av VO_{2maks} etterfulgt av 2 x 30 sek på 70% av VO_{2maks} og 2 x 4 sek supramaksimal sprint) sammenliknet med ingen oppvarming under varme omgivelser (ca 35°C) (Bishop & Maxwell, 2009). I denne studien ble det ikke sett noen forbedring i prestasjonen på en sprinttest (4 sek sprint, 100 sek aktiv hvile på 35% av VO_{2maks} , repetert til utmattelse) for godt trente lagspillere tross for en større økning i T_r (0,7°) etter oppvarming. Under den repeterte sprinttesten i studiet til Bishop & Maxwell (2009) var det relativt korte arbeidsperioder (4 sek) med lang hvile mellom (~100 sek), noe som førte til lang tid til utmattelse under testen. Dette kan muligens gjøre at effekten av oppvarmingen blir mindre, tross for øking i T_r , dermed bør resultatene vurderes med forsiktighet. Ut i fra det som er nevnt ovenfor ser det ut til at T_m øker mer enn T_r og T_c ved submaksimale arbeidsbelastninger. Kroppstemperaturen øker ved økende arbeidsintensitet og når et platå for deretter å flate ut. Det kan se ut til at en økning i kroppstemperatur i forkant av et arbeid med høy

arbeidsintensitet er viktig for å forberede kroppen fysisk og psykisk på den påfølgende aktiviteten, men en økning i temperatur alene er ikke nok til å heve yteevnen.

2.3 Varighet og arbeidsintensitet på oppvarmingen

2.3.1 Varighet

Det er rapportert at oppvarmingsperioder fra 5 til 10 minutter kan se ut til å være lang nok tid til å få en betydelig økning i muskeltemperaturen, opptil ca 40 grader (Hedrick, 1992; Saltin et al., 1968; Saltin & Hermansen, 1966). Forskning har vist at T_m øker mest i starten av en aktivitet (de første 3-5 minuttene), og normalt når et platå etter 10-12 minutter (Michalsik & Bangsbo, 2002; Saltin et al., 1968). Genovely og Stamford (1982) har gjennomført en studie der oppvarmingen varte i 60 minutter med to ulike arbeidsintensiteter (40% og 68% av VO_{2maks}). De fant ingen forskjell i resultatene ved en påfølgende prestasjonstest (40sekunder "all-out"-test) etter de ulike oppvarmingsprotokollene. Oppvarmingen i dette arbeidet må kunne vurderes til å være veldig lang i tid. Dette kan føre til at forsøkspersonene i noen grad kan komme til å være slitne ved starten av testen, dermed vil det bli vanskelig å finne noen forbedring eller forskjell i prestasjon. De manglende forskjeller i funn i studien til Genovely og Stamford (1982) kan skyldes for lang tid på oppvarmingen, samt at prestasjonstesten var så kort som 40 sek, noe som muligens gjør at det er vanskelig å få frem relativt små forskjeller i oppnådde resultater på prestasjonstesten.

DeBruyn-Prevost (1980) har observert effekten av hvileperiode mellom oppvarming og test. Når testen ble gjennomført umiddelbart etter oppvarming ble det sett en økning i VO_2 og HF, mens La^- ikke viste noen forskjell. Når det ble lagt inn en hvileperiode mellom oppvarming og test ble det ikke funnet noen forskjell i VO_2 og HF under testen sammenliknet med bruk av ingen oppvarming (DeBruyn-Prevost, 1980). Studien rapporterer ikke om hvilken intensitet og varighet det var på oppvarmingen, noe som må sees på som svake sider ved dette arbeidet og gjør at resultatene bør vurderes med forsiktighet. Om hvileperioden mellom oppvarming og test er over 5 minutter kan det være at økningen i VO_2 og HF som følge av oppvarming går tilbake til utgangsverdi, dermed kan noe av effekten av oppvarming bli redusert. I et annet studie benyttet Brown, Hughes & Tong (2008) en hvileperiode på 10 minutter mellom oppvarming og

testene. De fant ingen forskjell i prestasjon ved en repetert sprinttest i løping (10 x 6 sekunder sprint med 34 sekunder pause) med høy arbeidsintensitet etter enten en aktiv oppvarming (10 minutter, 70% av VO_{2maks}) eller passiv oppvarming (varmt bad i 10 minutter). En så lang hvileperiode etter oppvarmingen kan vise seg å være for lang til å opprettholde mulige positive effekter fra oppvarmingen noe som muligens kan være en medvirkende årsak til at det ikke ble funnet noen forskjell i prestasjon fra arbeidet til Brown et al. (2008). Dette synet støttes av noen andre studier som anbefaler en hvileperiode mellom oppvarming og prestasjon på < 5 minutter, slik at effektene fra en økt HF, VO_2 og den økte temperaturen ikke går helt tilbake til utgangsverdien fra før oppvarmingen startet (Bishop, 2003b; Genovely & Stamford, 1982). Det kan virke som en optimal varighet på oppvarmingen i forkant av et maksimalt arbeid til utmattelse er 10 til 20 minutter for å øke T_m til et optimalt nivå, for å få en økning i HF og VO_2 , samtidig som det ikke dannes tretthet i muskulaturen.

2.3.2 Arbeidsintensitet

I litteraturen kan man finne mange studier som har sammenliknet effekten av oppvarming med bruk av enten høy – og lav arbeidsintensitet, eller aktiv og ingen oppvarming (Bishop et al., 2001; DeBruyn-Prevost & Lefebvre, 1980; Karlsson et al., 1971; Stewart & Sleivert, 1998). Noen studier har rapportert om en forbedring i prestasjon etter aktiv oppvarming, sammenliknet med passiv eller ingen oppvarming (Gregson, Drust, Batterham, & Cable, 2002; Inbar & Bar-Or, 1975; Ingjer & Strømme, 1979). Inbar & Bar-Or (1975) rapporterte en signifikant høyere VO_{2peak} og HF_{peak} under en repetert sprinttest til utmattelse (30sek løp, 30 sek) med oppvarming (15min, 60% av VO_{2maks}), sammenliknet med ingen oppvarming. Videre observerte Ingjer & Strømme (1979) en høyere VO_2 i løpet av et 6 min submaksimalt arbeid på 90% av VO_{2maks} etter en aktiv oppvarming (arbeidsintensitet 50-60% av VO_{2maks}) enn ved bruk av både passiv eller ingen oppvarming. I en studie gjort av Gregson et al. (2002) har det blitt sammenliknet mulige effekter av aktiv, passiv og ingen oppvarming før et submaksimalt arbeid på tredemølle på 70% av VO_{2maks} . Den aktive oppvarmingen besto av å løpe med en arbeidsintensitet på 70% av VO_{2maks} til T_r hadde økt til 38 grader (ca 18 min), passiv oppvarming besto av å ligge i vannbad til T_r hadde økt til 38 grader (ca 29 min). I dette studiet fant de en reduksjon i tid til utmattelse og en høyere HF ved bruk av aktiv og passiv oppvarming sammenliknet med ingen oppvarming. Lav arbeidsintensiteten (70% av VO_{2maks}) og varigheten (opptil 60 minutter) under testen kan ha vært slik at en

oppvarming ikke har vesentlig betydning før en slik test. Ut i fra arbeidene over kan det se ut til at det er viktig å gjennomføre en aktiv oppvarming i forkant av et maksimalt arbeid til utmattelse for å bl.a. ha høyere utgangsverdi av HF, T_m og VO_2 under test, og det er mulig at dette er forhold som kan være med å påvirke prestasjonen positivt ved et maksimalt arbeid til utmattelse. Denne antagelsen støttes blant annet av DeBruyn-Prevost & Lefebvre (1980) som fant en høyere VO_2 , HF og $[La^-]_{bl}$ under prestasjonstesten (<1min til utmattelse) med aktiv oppvarming sammenliknet med ingen oppvarming.

Arbeidsintensiteten på oppvarmingen kan se ut til å spille en rolle i forhold til å kunne forbedre prestasjonen på den påfølgende aktiviteten. Oppvarming på over 70% av VO_{2maks} vil kunne føre til en økt bruk av høyenergifosfatlagrene (ATP og CP) og økt mengde H^+ og $[La^-]$ i både blod og muskel, mens en arbeidsintensitet rundt 60% av VO_{2maks} og lavere har vist å ha minimal omsetning av energi fra høyenergifosfatlagrene eller bruk av anaerob energiomsetning (Karlsson et al., 1971). I tråd med det som nevnes ovenfor rapporterer Stewart & Sleivert (1998) at en oppvarming på 60 og 70 % av VO_{2maks} øker tiden til utmattelse under en løpstest på tredemølle (20° helning, 13 $km \cdot t^{-1}$), mens oppvarming på enten 80 % av VO_{2maks} eller ingen oppvarming ikke førte til forbedret prestasjon. Ut fra disse resultatene anbefaler Stewart & Sleivert (1998) oppvarming med arbeidsintensitet på 60-70% av VO_{2maks} . Videre har Bishop, Bonetti & Dawson (2001) gjort et studie der de så på effekten av oppvarming med tre ulike arbeidsintensiteter (15 minutter ved 55%, 65% og 75% av VO_{2maks}) på kajakk ergometer, etterfulgt av en prestasjonstest (~2min). De fant ingen signifikant forskjell i VO_{2peak} , total VO_2 , eller samlet O_2 -underskudd under prestasjonstestene ved bruk av de tre arbeidsintensitetene på oppvarmingen. Noe av grunnen til dette kan være at det var liten forskjell på arbeidsintensitetene under oppvarmingen, samtidig som intensiteten var lav nok til at det kun var et lite bidra fra anaerob energifrigjøring. I et arbeid har Mitchell og Huston (1993) sammenliknet resultatene fra en prestasjonstest (tid til utmattelse) etter bruk av; enten en oppvarming med meget høy arbeidsintensitet (fire intervaller à 46 meter i svømming, 110% av VO_{2maks}) eller en oppvarming med noe lavere arbeidsintensitet (366 meter svømming, 70% av VO_{2maks}). I denne studien fant Mitchell og Huston (1993) ingen signifikant forskjell i resultatene fra prestasjonstestene etter bruk av de to forskjellige oppvarmingsprotokollene. En mulig årsak til dette kan

skyldes at de benyttet oppvarmingsprotokoller som hadde en klart høyere arbeidsintensitet enn man kan se i andre studier. Som tidligere nevnt ser det ut til at arbeidsintensitet under oppvarming bør være $< 70\%$ av VO_{2maks} for å ha en mulighet til å kunne forbedre prestasjonen i vesentlig grad. I studien til Mitchell og Huston (1993) fremgår det ikke hvor lang varighet som ble benyttet under de to oppvarmingene, noe som vurderes som en svakhet i dette arbeidet og som gjør at resultatene fra arbeidet ikke bør legges for stor vekt på. Det er mulig at for kort eller lang oppvarmingstid kan ha påvirket resultatet negativt. Koppo og Bouckaert (2002) gjennomførte en studie der baseline- VO_2 ved start av en prestasjonstest på sykkel var signifikant høyere etter en oppvarming med høy arbeidsintensitet (6 minutter, 90% av VO_{2maks}) sammenliknet med en oppvarming med moderat intensitet (6 minutter, 50% av VO_{2maks}). Målet med deres studie var å se om høyintensiv oppvarming ville påvirke tiden til utmattelse (95% av VO_{2maks} til utmattelse). I studiet til Koppo & Bouckaert (2002) var varigheten på oppvarming noe kortere enn 10 – 20 minutter som er anbefalt av bl.a. Saltin et al. (1968), i tillegg var arbeidsintensiteten enten høyere eller lavere enn det som tidligere har blitt beskrevet. Dataene ovenfor er basert på gjennomsnittstall, og her vil det kunne være forskjeller i verdier fra individ til individ, avhengig av bl.a. genetiske forskjeller, treningsbakgrunn, kjønn og alder.

Arbeidsintensiteten på oppvarmingen bør, som beskrevet over, være på 60 - 70% av VO_{2maks} for å øke T_m til et "optimalt" nivå (ca 40 grader), begrense nedbrytningen av høyenergifosfatlagrene og produksjon av H^+ og $[La^-]_{bl}$, og dermed forsøke å bidra til å forbedre prestasjonen (Bishop, 2003b). Ved oppvarming med for høy arbeidsintensitet ($> 80\%$ av VO_{2maks}) kan det se ut til at utøverne muligens kan pådra seg noe tretthet i muskulaturen under oppvarming, ved at det var et større bidrag fra den anaerobe energiomsetning, og dermed blir det en opphopning av H^+ og $[La^-]_{bl}$, noe som muligens vil påvirke prestasjonen negativt, dette vil sannsynlig også være avhengig av varigheten på oppvarmingen som gjennomføres. Av den grunn vil en oppvarming med arbeidsintensitet 60 - 70% av VO_{2maks} med en varighet på 10 – 20 minutter se ut til å være god nok til å bedre prestasjonen ved et maksimale arbeid til utmattelse.

2.4 Aerob kapasitet

Aerob kapasitet er et av flere mål for utholdenhet, det vil si evnen til å utvikle energi fra aerobe prosesser over lengre tid (Michalsik & Bangsbo, 2002). Av de viktigste faktorene for god aerob kapasitet er VO_{2maks} , utnyttingsgrad og løpsøkonomi. Andre viktige komponenter for bestemmelse av aerob kapasitet kan være lokale forhold i skjelettmusklene som kapillærtetthet, aktivitet av oksidative enzymer og antallet og størrelsen på mitokondriene (McArdle et al., 2001). Å nå et høyt nivå av VO_{2maks} krever samspill mellom pulmonal-, kardiovaskulær- og nevro-muskulærfunksjon, dette innebærer aerob metabolisme, blod- og minuttvolum, hemoglobinkonsentrasjon, lungeventilasjon og perifer blodstrøm (McArdle et al., 2001). Aerob kapasitet kan uttrykkes som den maksimale tid en utøver kan arbeide på en gitt submaksimal belastning, eller ved en bestemt $[La^-]_{bl}$ (Michalsik & Bangsbo, 2002). Hvis arbeidshastigheten ved denne $[La^-]_{bl}$ øker, vil dette kunne bety at utøveren har hevet sin aerobe kapasitet. Den observerte raske økningen av VO_2 i starten av et arbeid med høy intensitet blir ofte forbundet med en økning i $[La^-]_{bl}$ og et mindre fall i arterielt pH (Gerbino, Ward, & Whipp, 1996). Økt oksygentilgang i musklene som følge av økt blodstrøm ved arbeid med høy arbeidsbelastning, kan føre til økt kapasitet for å frakte produsert La^- bort fra muskelen (McArdle et al., 2001).

Utøverens VO_{2maks} er en av flere viktige faktorer som er med på å bestemme prestasjonen i en sprintkonkurranse i langrenn (Sandbakk, Ettema, Leirdal, Jakobsen, & Holmberg, 2010a). Det har blitt rapportert at prestasjonen i langrennssprint er avhengig av VO_{2maks} hos junior eliteutøvere i langrenn, der både VO_{2maks} og prestasjon i sprint økte etter en 8 ukers treningsperiode med spesifikk sprinttrening med høy arbeidsintensitet (Sandbakk, Boye, & Holmberg, 2011). Disse funnene støtter ytterligere antagelsen om at utholdenhetstrening med høy arbeidsintensitet ($> 85\%$ av VO_{2maks}) er en viktig forutsetning for å øke prestasjonen hos sprintere i langrenn. I dette studiet gjennomførte intervensjonsgruppa signifikant mer trening med høy arbeidsintensitet ($85-92\%$ av HF_{maks}), sammenliknet med kontroll gruppa. Sprinttesten i studiet til Sandbakk et al. (2011) var $\sim 1500m$ og foregikk utendørs på rulleski (skøyting). Det kommer ikke frem i studien om det har blitt tatt hensyn til værforholdene (vind, regn, temperatur), dette er metodiske vanskeligheter som vil kunne bidra til økt usikkerhet til sammenlikningen mellom pre- og posttest. Det bør også nevnes at dette studiet ble

gjennomført på unge utøvere ($17,4 \pm 0,5$ år). Det kan dermed spekuleres i om mer struktur i treningsarbeidet og mer trening med høy arbeidsintensitet (85-92% av HF_{maks}) kan være en av flere faktorer som gir en større økning i prestasjon i intervensjonsgruppen sammenliknet med kontroll gruppa, som fortsatte sitt vanlige treningsprogram.

I et arbeid simulerte Stöggl, Lindinger & Müller (2007) et sprintløp (~217 sek) inne på tredemølle i klassisk med tre heat med 25 minutter hvileperiode i mellom hvert heat. Resultatene fra dette studiet viste at det var et fall i VO_{2peak} (fra 59.2 ± 7.1 til 55.8 ± 5.8 $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$) og $[La^-]_{bl peak}$ (målt etter test, fra 14.3 ± 4.4 til 12.4 ± 3.5 $mmol \cdot l^{-1}$) fra første til siste heat, mens tiden brukt på testen var tilnærmet lik på alle tre heatene. I denne studien var intensiteten under hvert heat 91-96% av VO_{2maks} med en varighet på ~217 sek i hvert heat. Sprintløpet ble simulert med en løypeprofil som liknet noe av det som har blitt sett brukt i klassisk World-cup sprint, dette gjør at resultatene fra denne studien er sammenliknbare med en reell konkurranse på snø. På bakgrunn av det som er nevnt over fant ikke Stöggl et al. (2007) noen korrelasjon mellom VO_2 og prestasjonen i en sprint konkurranse. Dette synet støttes ikke av Sandbakk, Holmberg, Leirdal & Ettema (2010b) som har rapportert at aerob kapasitet er en av flere viktige faktorer for å prestere i langrenns sprint. I dette arbeidet ble fysiologiske parametere hos world-cup løpere sammenliknet med løpere på nasjonalt nivå.

2.4.1 Forskjeller i VO_2 , HF og La^- ved ulike bevegelsesformer

Av de første som rapporterte om ulik VO_{2maks} ved forskjellig bevegelsesform var Åstrand & Saltin (1961) som viste en lavere VO_{2maks} ved klassisk langrenn ($4,48 l \cdot min^{-1}$) enn ved løping ($4,69 l \cdot min^{-1}$). Videre så de at ved et maksimalt arbeid med bruk av armsykling ble det målt VO_2 som var 30% lavere enn ved en VO_{2maks} -test på sykkel. I studien til Åstrand & Saltin (1961) var det kun sju forsøkspersoner (en kvinne og seks menn), og det var bare tre som fullførte alle testene, noe som muligens vil gjøre grunnlaget for sammenlikning mellom de ulike typene muskelarbeid noe tynt. Videre har Hermansen & Saltin (1969) observert en høyere VO_{2maks} ($0,28 l \cdot min^{-1}$, 7%) ved løping (3° motbakke) på tredemølle sammenliknet med sykling (50 rpm). Dette samsvarer godt med funnene til Åstrand & Saltin (1961) som konkluderte med at løping i motbakke kan forvente å gi en VO_{2maks} som er ca 5% høyere enn andre typer aktivitet, som sykling, langrenn eller lignende. Grunnen til dette er usikker, men det kan være at

man bruker en større muskelmasse under løping i motbakke, enn ved løping på horisontalt underlag eller sykling. I langrenn (klassisk) vil den aktive kroppsmassen være større enn løping, og forklaringen med bruk av større muskelgrupper ved løping er lite trolig, dermed det kan det spekuleres i om tekniske elementer ved klassisk langrenn gjør at utøveren oppnår en lavere VO_{2maks} sammenliknet med løping i motbakke. Av nyere studier har Fabre et al. (2008) rapportert en høyere VO_{2maks} ved løping på tredemølle ($67,1 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) enn ved en test på rulleski ($64,2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$). De fant også en høyere HF_{peak} ved løpstest ($196 \text{ slag} \cdot \text{min}^{-1}$) sammenliknet med rulleskitest ($191 \text{ slag} \cdot \text{min}^{-1}$). Fabre et al. (2008) nevner at noe av grunnen til at de fant lavere VO_{2maks} på rulleski kan være at deres forsøkspersoner har noe lite spesifikk trening på ski (utøvere på regionalt og nasjonalt nivå) sammenliknet med elite utøvere. Det kan tenkes at rulleski stiller høyere krav til god teknikk, dermed kan det være begrensende for å oppnå samme VO_{2maks} -verdi som i løping. I motsetning til dette har Rundell (1995) funnet en lik VO_{2peak} under en test på rulleski, sammenliknet med en test i løping på tredemølle. Disse resultatene står noe i kontrast til funn fra andre studier, til tross for at HF_{peak} var signifikant høyere ved løping på tredemølle (løping: $199,4 \text{ slag} \cdot \text{min}^{-1}$, rulleski: $196,9 \text{ slag} \cdot \text{min}^{-1}$)

Studier har vist at ved submaksimal arbeidsintensitet er VO_2 , V_E og $[La^-]_{bl}$ høyere ved overkroppsarbeid sammenliknet med arbeid med bruk av underekstremitetene (f.eks sykling), mens under maksimalt arbeid ble det målt lavere VO_2 og V_E for overkroppsarbeid enn for arbeid med bruk av underekstremitetene (Fabre et al., 2008; Sawka, Miles, Petrofsky, Wilde, & Glaser, 1982). Submaksimalt arbeid som involverer bruk av overkroppsmuskulatur (små og store muskelgrupper) ser ut til å gi høyere $[La^-]_{bl}$ ved en gitt HF-verdi sammenliknet med arbeid der det i hovedsak blir brukt muskulatur i underekstremiteter som løp eller sykkel (Sawka et al., 1982; Vergès, Flore, & Favre-Juvin, 2003). Det er observert at når V_E og $[La^-]_{bl}$ ble uttrykt som % av VO_{2peak} (ergometer spesifikt), ble nokså like responsmønstre funnet ved begge typer bevegelse. Dette kan indikere at V_E og $[La^-]_{bl}$ er avhengig av arbeidsintensitet heller enn hvilke muskelgrupper som er i arbeid (Sawka et al., 1982). Videre har Vergès et al. (2003) funnet høyere $[La^-]_{bl}$ ved en gitt HF under en rulleskitest, sammenliknet med en løpstest på tredemølle. I denne studien var det stor forskjell i varighet på testene, ved løpstesten i laboratoriet var hver arbeidsperiode 3 min med konstant hastighet og helningsvinkel,

mens ved felttest på rulleski var hver arbeidsperiode 4 km (~12min) i småkupert terreng, i tillegg ble det gjennomført opptil 13 arbeidsperioder per test i laboratoriet, mens under felttesten ble det kun gjennomført 4 arbeidsperioder. Dette vil være med å gjøre at resultatene fra de ulike testene i studien til Vergès et al. (2003) er lite sammenliknbare. Både ekstra bruk av overkropp ved rulleskigåing (klassisk) sammenliknet med løping, og lengre varighet på arbeidsperiodene ved felttest på rulleski sammenliknet med laboratorietest i løping kan muligens fremkalle en høyere $[La^-]_{bl}$. Disse resultatene understreker viktigheten av standardisering av protokoll for bedre sammenlikning av resultater.

2.5 Anaerob kapasitet

Sprint i langrenn er avhengig av ulike faktorer som bl. a. evnen til å skape stor hastighet med raske variasjoner i tempo i løpet av en relativt kort tid (2-4 min), bruke riktig teknikk til enhver tid under en konkurranse, restituere raskt mellom heat (motstand mot tretthet) og ha en høy aerob og anaerob kapasitet (Stöggl et al., 2007). Anaerob kapasitet kan defineres som den maksimale mengden ATP som blir resyntetisert av anaerobe prosesser (medbrytning av glykogen og CrP, etterfulgt av økning i $[La^-]$ i muskel og blod) under arbeid (Jones, Koppo, & Burnley, 2003; Medbø et al., 1988). Under første delen av et arbeid med fra moderat til høy arbeidsintensitet er ikke oksygenopptaket stort nok til at det kan dekke oksygenkravet til arbeidende muskler alene (McArdle et al., 2001). Den resterende delen må dermed dekkes anaerobt, og utgjør det som kalles O_2 -underskuddet (Hermansen, 1969; McArdle et al., 2001). En del av energien under første del av et arbeid med høy intensitet må derfor komme fra anaerob energiomsetning. Grunnen til dette O_2 -underskuddet er primært at den aerobe energiomsetningen langsomt tilpasses en rask økning i arbeidsbelastning. En viktig årsak til dette er at blodet bruker noe tid på å øke minuttvolumet, forbi blodet ikke raskt nok er i stand til å transportere tilstrekkelig mengder med oksygen, til de arbeidende muskler (Michalsik & Bangsbo, 2002). Derfor vil det nesten alltid være en oppstartsfase der det er mangel på oksygentilgang til musklene. Jo større arbeidsintensiteten er fra starten av et arbeid, desto større vil O_2 -underskuddet bli. I følge Medbø et al. (1988) når det samlede O_2 -underskuddet et maksimum ved en arbeidsperiode til utmattelse med varighet på ca 2 minutter, og dette kan defineres som den maksimale anaerobe kapasitet. Dette synet ble allerede i 1969 omtalt av Hermansen (1969) som skrev at det totale O_2 -

underskuddet vil være avhengig av varigheten og arbeidsintensiteten på arbeidsperioden ved et maksimalt arbeid. Han rapporterte at O_2 -underskuddet var høyest etter 400m løp, sammenliknet med 200m og 100m. Til tross for dette hevder Hermansen (1969) at en arbeidsperiode på 2-3 minutter var nødvendig for å oppnå høyest O_2 -underskudd. Det er rimelig å anta at ved en sammenlikning mellom 800m (~2 min) og 400m (~50sek) ville man oppnådd høyere O_2 -underskudd enn ved sammenlikning mellom 400m og 100-200m.

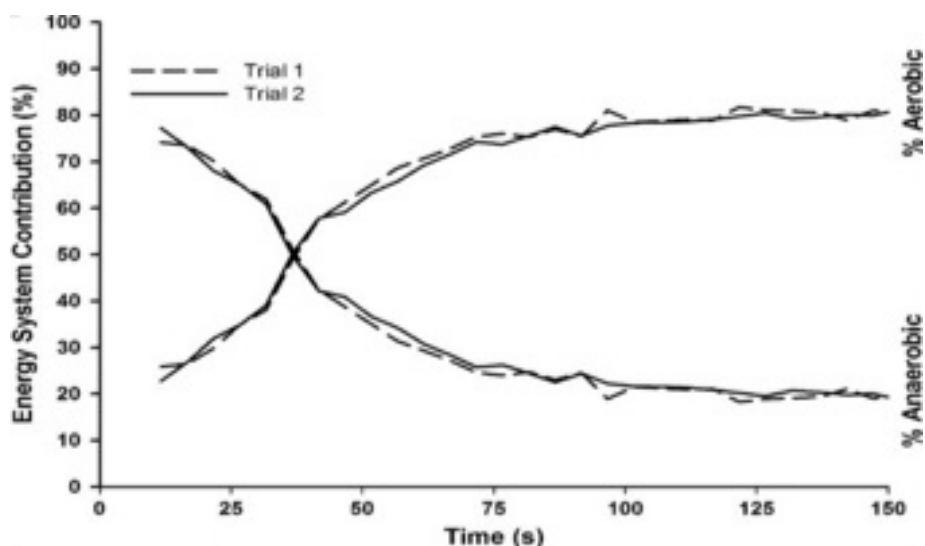
2.5.1 Måling av anaerob kapasitet

Måling av anaerob kapasitet er utfordrende og belastet med betydelige feilkilder siden det foreløpig ikke finnes noen god direkte metode for måling av anaerob kapasitet. Medbø et al. (1988) utviklet en metode for estimering av anaerob kapasitet, der akkumulert O_2 -underskudd ble kalkulert som forskjellen mellom samlet O_2 -etterspørsel og samlet O_2 -forbruk. VO_2 ble målt ved submaksimale belastninger hvor de fant et lineært forhold mellom arbeidsintensitet og O_2 -forbruk, dette forholdet ble ekstrapolert til aktuell arbeidsintensitet ved ulike supramaksimale tester til utmattelse. Videre ble det samlede O_2 -kravet sett på som produktet av O_2 -etterspørselen og varigheten på arbeidsperioden. Denne metoden tar hensyn til individuelle forskjeller når det gjelder arbeidsøkonomi og utnyttelsesgrad. Andre studier som har benyttet denne metoden er bl.a. Losnegard et al. (2011). I denne studien estimerte de det samlede O_2 -underskuddet ved å ekstrapolere det individuelle forholdet mellom arbeidsintensitet og O_2 -forbruk ved submaksimale belastninger på rulleskimølle. I følge Medbø et al.(1988) kan maksimal akkumulert O_2 -underskudd bli bestemt med en presisjon på 4% eller $3\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ ved å bruke det individuelle forholdet mellom arbeidsintensitet og O_2 -etterspørsel ved hjelp av den nevnte metoden. Noordhof, de Koning & Foster (2010) har sett på validiteten og reliabiliteten til ulike metoder for beregning av anaerob kapasitet og konkluderer i sin artikkel med at metoden til Medbø et al. (1988) er den mest brukte og muligens den beste indirekte metoden for å bestemme anaerob kapasitet.

2.5.2 Fordeling mellom aerob og anaerob energifrigjøring under sprint

Under en 600m (tid ~170 sek) prestasjonstest på rulleski ble det rapportert at O_2 -underskuddet utgjorde ca ~ 26% av den totale O_2 -etterspørselen (Losnegard et al., 2011). Noe liknende er funnet av Gatin (2001) som har foreslått en fordeling mellom aerob- og anaerob energifrigjøring er rundt 70-80% og 20-30% ved et arbeid med en

konkurransetid på ~200 sek. Videre kan det se ut til at det er størst bidrag fra den anaerob energifrigjøring i starten av en sprintkonkurranse i langrenn, men utover i konkurransen er det den aerobe komponenten som er avgjørende (Losnegard et al., 2011; Mikkola, Laaksonen, Holmberg, Vesterinen, & Nummela, 2010; Vesterinen, Mikkola, Nummela, Hynynen, & Häkkinen, 2009). Følgelig viste Losnegard et al. (2011) i sin studie at ved en 600m test på tredemølle var bidraget fra anaerob energifrigjøring størst i starten av testen, mens ved ~35 sek var bidraget fra anaerob og aerob energifrigjøring ca lik. Etter ~35 sek økte det aerobe energibidraget for så å dominere og flate av siste del av testen (figur 2.2).



Figur 2.2: Viser forholdet mellom aerob og anaerob energifrigjøring i % under de første 150 sek av en 600m prestasjonstest på rulleski (Losnegard et al., 2011).

Disse funnene er i tråd med den viten vi allerede har om det %-vise bidraget fra aerob og anaerobe prosesser de første minuttene av et arbeid med høy arbeidsintensitet (McArdle et al., 2001). Det er rapportert at høy anaerob kapasitet vil kunne være med å påvirke eller bedre prestasjonen på en 600m test (~170 sek) på rulleskimølle mer enn størrelsen på VO_{2maks} hos langrennsløpere (Losnegard et al., 2011). I denne studien var VO_{2maks} relativt lik hos alle FP, og dette kan være med på å forklare hvorfor variasjonene i anaerob kapasitet, og ikke VO_{2maks} , ble oppgitt å være en grunn til forskjeller i prestasjon på 600m prestasjonstest i dette arbeidet. Skal betydningen av VO_{2maks} og anaerob kapasitet studeres vil det være påkrevd med et mer adekvat forskningsoppsett enn det som ble benyttet i arbeidet til Losnegard et al. (2011). I en

studie av Mikkola et al. (2010) ble det gjennomført 4 heat på rulleski, hver på 850m i flatt terreng (tartandekke på friidrettsbane), med 20 minutter hvile i mellom. Resultatene fra denne undersøkelsen viste at de beste løperne hadde en høyere VO_{2maks} , anaerob kapasitet og bedre arbeidsøkonomi under sprint heat enn løpere på et lavere nivå.

Studien til Mikkola et al. (2010) ble gjennomført på flatt underlag på en friidrettsbane, og dermed vil det avvike fra løypeprofilen i en sprintkonkurranse hvor terrenget er kupert. Ut i fra det som er nevnt ovenfor ser det ut til at for løpere med tilnærmet lik VO_{2maks} vil anaerob kapasitet være en av flere faktorer som vil kunne være med på å bestemme prestasjonen på en sprint i langrenn.

2.5.3 Nedbrytning av La^-

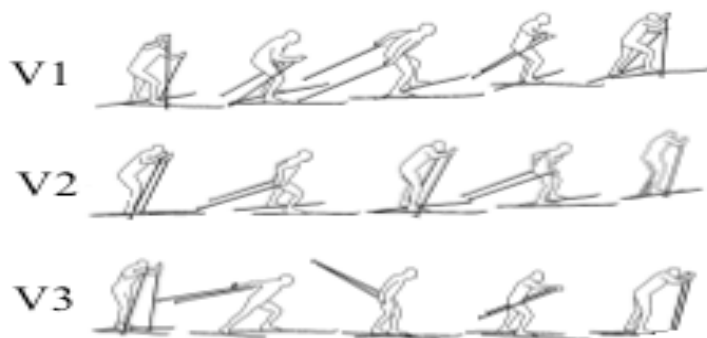
La^- er et energirikt molekyl som kan transporteres mellom muskelceller (Dahl, 2008). Opphopning av laktat kan være en av flere årsaker til tretthet i muskulaturen. Mellom hvert heat under en langrennssprint vil det være en laktateliminering de første minuttene etter avsluttet arbeidsperiode. Det kan se ut til at det foregår en akkumulering av laktat ved en arbeidsintensitet på $> 75\%$ av VO_{2maks} (Åstrand, Dahl, Rodahl, & Strømme, 2003). Noe som kan tyde på at det vil være en betydelig laktateliminering i hvileperioden mellom heat under en konkurranse i sprint langrenn. For å prestere godt gjennom fire heat vil det være viktig med en laktateliminering i restitusjonsperioden. Nedbrytning av laktat kan skje på tre måter: (1) La^- kan omdannes til pyruvat i cellen og omdannes videre aerobt. (2) La^- transporteres ut av cellen ved hjelp av en La^- - transportør og tas opp av en nabocelle og omsettes videre der. (3) La^- blir tatt opp fra vevsvæsken i muskelen kan La^- bli tatt opp i blodet og fraktet til celler et annet sted i kroppen (Dahl, 2008).

Reduksjonen i maksimal hastighet fra starten til slutten av hvert heat kan muligens indikere en fremtreden av tretthet i muskulaturen ved en opphopning av La^- i muskulaturen (Vesterinen et al., 2009). Ved muskulær tretthet kan styringen av bevegelsene bli mindre hensiktsmessig, grunnet dårligere tilbakemeldinger fra nervesystemet (Dahl, 2008). I en konkurranse situasjon kan det bety at teknikken blir mindre effektiv og dermed lavere hastighet. Dette kan indikere at langrennsløpere med høy aerob kapasitet har en mindre opphopning av $[La^-]_{bl}$ gjennom en sprint konkurransen. Stöggl et al. (2007) har rapportert at uforandret VO_2 og $[La^-]_{bl}$ gjennom tre påfølgende heat, kan indikere viktigheten av evnen til å motstå tretthet i muskulaturen og dermed

restituere raskt mellom hvert heat, som en av flere faktorer for å prestere godt i langrennssprint.

2.6 Teknikkvalg underveis i en langrennssprint

Det finnes ulike teknikker som brukes i forskjellig terreng i langrenn, og bruken av disse teknikkene veksler etter kuperinger i terrenget. Maksimal hastighet, styrke, fysisk form (indikert ved VO_{2maks}) og snøforhold er noen faktorer som er med å påvirker når de ulike teknikkene blir brukt. Det er i hovedsak tre teknikker som brukes V1 (padling), V2 (dobbeldans) og V3 (enkeldans) (figur 2.1) (Kvamme, Jakobsen, Hetland, & Smith, 2005). Det laveste ”giret”, V1, er en motbakketeknikk med en asymmetrisk overkroppsbruk der stavene settes i bakken på hvert andre fraskyv. V2 brukes i terreng med moderat stigning, der stavene settes i bakken ved hvert fraskyv. V3 brukes i lett terreng og slak nedoverbakke, der stavene er i bruk ved hvert andre fraskyv (Kvamme et al., 2005; Nilsson, Tveit, & Eikrehagen, 2004; Sandbakk et al., 2010a). De høyeste ”girene” brukes i lett terreng der utøveren har en høyere hastighet eller hvis det er snøforhold med lav friksjon mellom ski og underlag (Andersson et al., 2010). Løperne kontrollerer hastigheten ved å velge teknikker med ulike ”gir” og ved å regulere sykluslengden innenfor de ulike teknikkene (Nilsson et al., 2004).



Figur 2.3: En illustrasjon av de ulike teknikkene i skøyting, V1 (padling), V2 (dobbeldans) og V3 (enkeldans). Bildet er gjengitt fra Andersson et al. (2010).

Sluttiden under en sprint er blant annet avhengig av veksling mellom bruk av mange hastigheter i ulikt terreng underveis i løpet, og det blir benyttet mange overganger mellom de ulike teknikkene i løpet av en konkurranse. Utøverens aerobe kapasitet er med å påvirke valget av de ulike teknikkene. En utøver med høyere VO_{2maks} kan for eksempel bruke V2 lengre inn i en motbakke før den går over til V1 enn en utøver med

lavere VO_{2maks} (Andersson et al., 2010). VO_{2maks} er igjen relatert til evnen til å opprettholde høy hastighet i motbakkene. Mye tyder på at tyngre mannlige utøvere har mulighet til å utvikle en høyere hastigheten enn lettere utøvere grunnet større muskelmasse (Bergh & Forsberg, 1992). Det kan se ut som at det er en tendens til at tyngre utøvere (>76kg) har prestert bedre enn de som er lettere (<67kg). Dette kan skyldes at tyngre utøvere utvikler en større hastighet i de fleste typer terreng, med unntak oppover, grunnet større muskelmasse (Bergh & Forsberg, 1992; Sandbakk et al., 2010b). Mange løpere ser ut til å bruke V2 i starten av en motbakke, men skifter til V1 mot siste del av motbakken, avhengig av lengden på motbakken og hastigheten til løperen. Andersson et al. (2010) rapporterte at den raskeste løperen i sitt studie brukte V2 teknikk i hele motbakkedelen av en sprint konkurranse, uten å skifte til V1, slik som utøvere med lavere VO_{2maks} i denne studien gjorde. En mulig årsak til denne forskjellen kan være at den beste utøveren holder et høyere ”gir” over en lengre periode, som følge av bedre fysisk kapasitet (høyere VO_{2maks}). Valg av teknikk bestemmes vanligvis av helningsvinkel og lengden på motbakken, samt kapasiteten til hver enkelt løper.

Kvamme et al. (2005) gjennomførte et studie på rulleskimølle der bruk av V1 og V2 ble sammenliknet under submaksimale arbeidsbelastninger à 5 minutter (75 – 80% av VO_{2maks} , økende helningsvinkel 3-8°). Resultatene viste høyere VO_2 , HF, og $[La^-]_{bl}$ ved bruk av V2 sammenliknet med V1 ved helningsvinkler brattere enn ca 4-5° på rulleskimølla. Ved moderat til bratt motbakke, kan bruken av V2 medføre større energikostnad enn V1 og kan av den grunn påvirke den samlede prestasjonen negativt under en sprint (Kvamme et al., 2005). Alle arbeidsperiodene ble gjennomført med samme arbeidsintensitet, der VO_2 var 75-80% av VO_{2peak} , slik at hastigheten ble redusert ved økende helningsvinkel på rulleskimølla. V2 er normalt et høyere ”gir” enn V1, dermed vil det muligens være mer naturlig å bruke V1 teknikk ved de arbeidsperiodene med brattest helningsvinkel. I studien til Kvamme et al. (2005) var hver arbeidsperiode 5 minutter med økende helningsvinkel på rulleskimølla (3-8°) der samme teknikk (V1 eller V2) ble brukt gjennom hele arbeidsperioden. I en reell konkurransesituasjon vil utøveren veksle mellom ulike teknikker etter blant annet formasjoner i terrenget, dermed er ikke resultatene fra dette arbeidet fullstendig sammenliknbare med en konkurransesituasjon. På en annen side kan resultatene fra studien til Kvamme et al. (2005) gjøre utøvere og trenere mer bevisst på teknikkvalg

underveis i en konkurranse, med tanke på å forbedre seg og dermed gå mest mulig energiøkonomisk. Dette er muligens mer aktuelt i lengre konkurranser, enn i sprint, som 5 mil der energisparing er mer hensiktsmessig. Videre har det blitt rapportert at V1 og V2 ble brukt henholdsvis 31% og 63% under en sprintkonkurranse (Andersson et al., 2010), noe som understreker viktigheten av å være god i disse teknikkene. I et annet arbeid av Sandbakk, Holmberg, Leirdal & Ettema (2010c) ble det vist at World-cup løpere hadde en mer effektiv teknikk (større fremdrift) enn skiløpere på nasjonalt nivå, og de mente at forskjellen skyldes faktorer som bedre teknikk, høyere VO_{2maks} og større kraftutvikling hos WC-løpere sammenliknet med løpere på nasjonalt nivå. Nylig publiserte Losnegard et al. (2011) et arbeid hvor de sammenliknet tiden på 600m (~170sek) ved bruk av V1 og V2 på rulleskimølle. Testene ble gjennomført med 7° hellning, med start hastighet på $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Når de sammenliknet resultatene fra de to teknikkene fant de ingen forskjell i tid, VO_{2peak} , HF_{peak} , $[La^-]_{bl peak}$ (målt etter testene) ved en sammenlikning av resultatene fra de to ulike teknikkene. Sammenlikningen i arbeidet til Losnegard et al. (2011) ble gjort under et maksimalt arbeid der utøveren selv bestemte hastigheten (ved hjelp av et lasersystem) underveis i testen. Dette kan være en mulig faktor til at disse resultatene var forskjellig fra det som ble observert i studien til Kvamme et al. (2005). I studien til Kvamme et al. (2005) benyttet FP en arbeidsbelastning 75-80% av VO_{2maks} ved alle helningsvinkler på rulleskimølla, dvs at hastigheten på mølla ble redusert etter hvert som vinkelen økte. Siden V1 er det laveste "giret" er det grunn til å anta at det er mest naturlig for FP å bruke V1, enn V2, ved de største helningsvinklene (5-8°) under de submaksimale arbeidsperiodene når hastigheten reduseres. Ved lavere hastighet og større vinkel på mølla kan det være sånn at det "koster" mer energi å bruke V2 siden det er et høyere "gir" enn V1, dette kan være noe av grunnen til forskjellen mellom V1 og V2 som ble rapportert i studien til Kvamme et al. (2005). I studien til Losnegard et al. (2011) kan utøveren selv velge hastighet gjennom testen, noe som muligens vil gjøre det mer naturlig å bruke V2, fordi dette er et høyere "gir" enn V1. Det kan spekuleres i at ved en liknende test (600m med selvvalgt hastighet) ville en del utøvere muligens valgt å bruke V1 i starten av testen, mens ved økende arbeidshastighet kunne det være mer naturlig for en del utøvere å benytte V2. Dermed ville kanskje testen blitt noe mer lik en reell konkurranse situasjon. Uti fra det som er nevnt ovenfor kan det se ut til at V1 er en mer energiøkonomisk teknikk ved submaksimale belastninger i moderat til bratt motbakke sammenliknet med

V2, mens ved arbeidsbelastninger hvor hastigheten er maksimal ved både V1 og V2 viste det seg at VO_{2peak} , HF_{peak} og $[La^-]_{bl}$ være tilnærmet lik ved begge teknikker. Dette kan tyde på at i en sprint konkurranse vil hastigheten inn i motbakken, til hver enkelt utøver, være med å bestemme valget av teknikk.

3 Metode

Datainnsamlingen har foregått på Fysiologisk Laboratorium ved Norges Idrettshøgskole høsten 2011 og januar 2012. En gruppe langrennsløpere og skiskyttere (heretter omtalt som FP) gjennomførte laktatprofiltest og $VO_{2\text{maks}}$ -test i løping på tredemølle og skøyting på rulleskimølle. Deretter gjennomførte FP to ulike oppvarmingsprotokoller med forskjellig bevegelsesmønster etterfulgt av 800 meters prestasjonstest (tid: 190 – 230 sek) i skøyting på rulleskimølle. Tidene brukt på prestasjonstestene ble sammenliknet. Under de to ulike oppvarmingsprotokollene ble det målt HF, SpO_2 , og VO_2 . Det ble søkt om godkjenning av studien til Regional etisk komité (REK, vedlegg 1). Etter at studien var godkjent av REK (vedlegg 2) startet arbeidet med å rekruttere forsøkspersoner. Mail ble sendt ut til ulike skiklubber i Oslo-området, med informasjon om studien. Alle data og resultater som er brukt i studien er anonymisert. Datatilsynets retningslinjer ble fulgt ved lagring og oppbevaring av alle data.

3.1 Studiedesign

Dette prosjektet er en randomisert kontrollert studie med cross-over design, der jeg har sammenliknet to ulike bevegelsesformer under oppvarming etterfulgt av en prestasjonstest i skøyting på rulleski. Studien var ikke blindet fordi det praktisk sett er vanskelig å gjennomføre ved denne typen forsøk. FP gjennomførte en spesifikk oppvarming på rulleski (skøyting), og en tilsvarende oppvarmingsprotokoll med løping som bevegelsestype. Det var randomisert hvilke av oppvarmingsprotokoll 1 eller 2 som ble gjennomført først. Det var i utgangspunktet fire dager med testing for hver forsøksperson.

3.2 Forsøkspersoner og rekruttering

Det ble ansett som mest relevant for målgruppen å bruke godt trente langrennsløpere til forsøket slik at treningsgrunnlaget ikke skulle være avgjørende for resultatet. Av den grunn valgte vi å studere en relativt homogen gruppe med hensyn til treningsstatus, kjønn og alder. 14 friske utholdenhetstrente menn i alder $19,2 \pm 3,4$ år meldte seg frivillig til å delta i studien (tabell 3.1). Utvalget besto av langrennsløpere og skiskyttere fra ulike klubber i Oslo-området. Det var derimot noe vanskelig å

Tabell 3.1: Antropometriske mål (alder, høyde og vekt) og VO_2 for alle FP. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt ± 1 SD.

	Alder (år)	Vekt (kg)	Høyde (cm)	VO_{2maks} løp (ml*kg ⁻¹ *min ⁻¹)	VO_{2maks} rulleski (ml*kg ⁻¹ *min ⁻¹)
FP (n=10)	19,5 \pm 3,5	77,2 \pm 9,7	182,6 \pm 6,5	70,7 \pm 5,8	68,2 \pm 4,6

rekruttere gode senior utøvere da mange av disse var midt i oppkjøring til sesongen, samt at en del senior utøvere i Oslo-området allerede hadde deltatt i andre studier ved NIH. Blant noen av skiklubbene som det ble tatt kontakt med var ikke villig til å sende forespørsel videre til sine utøvere, da de mente de hadde fått mange liknende henvendelser fra NIH de senere årene. Det var til sammen 14 FP som deltok i studien. Fire FP gjennomførte ikke alle fire testene. To FP ble syke og måtte derfor trekke seg fra studien, en FP møtte ikke opp til testdag 2, og en FP møtte ikke opp til testdag 4. Datamaterialet består derfor av 10 FP, noe som gir en deltagelse på 71,4 %. Før oppmøte hadde FP mottatt et informasjonsskriv (vedlegg 3) med generell informasjon om studiets bakgrunn, formål, prosedyrer, fordeler og ulemper. Gjennom dette skrevet ble de gjort oppmerksom på at deltagelsen var frivillig og at de når som helst kunne trekke seg fra forsøket uten å oppgi grunn. Det kan nevnes at det var to FP som fikk avbrutt 800m-test av ulike årsaker, disse ble kalt inn til ny test noen dager senere. En FP avbrøt 800m-testen etter å ha gjennomført 600m, p.g.a. at hastighetsøkning i starten av testen var for stor, og FP dermed ikke klarte å fullføre testen. En annen FP mistet neseklypen under prestasjonstest og dermed måtte testen avbrytes. Disse to FP gjennomførte ny prestasjonstest noen dager senere.

3.3 Inklusjons- og eksklusjonskriterier

Inklusjonskriterier var at FP var aktive langrennsløpere eller skiskyttere på nasjonalt nivå. FP må være vant til å gå skøyting på rulleski for å kunne delta i prosjektet, samt at de har erfaring med løping på tredemølle. De kunne ikke gjennomføre hard fysisk aktivitet eller innta stimulerende midler (alkohol, koffein eller nikotin) 48 timer før testdag. FP stilte likt forberedt til hver test.

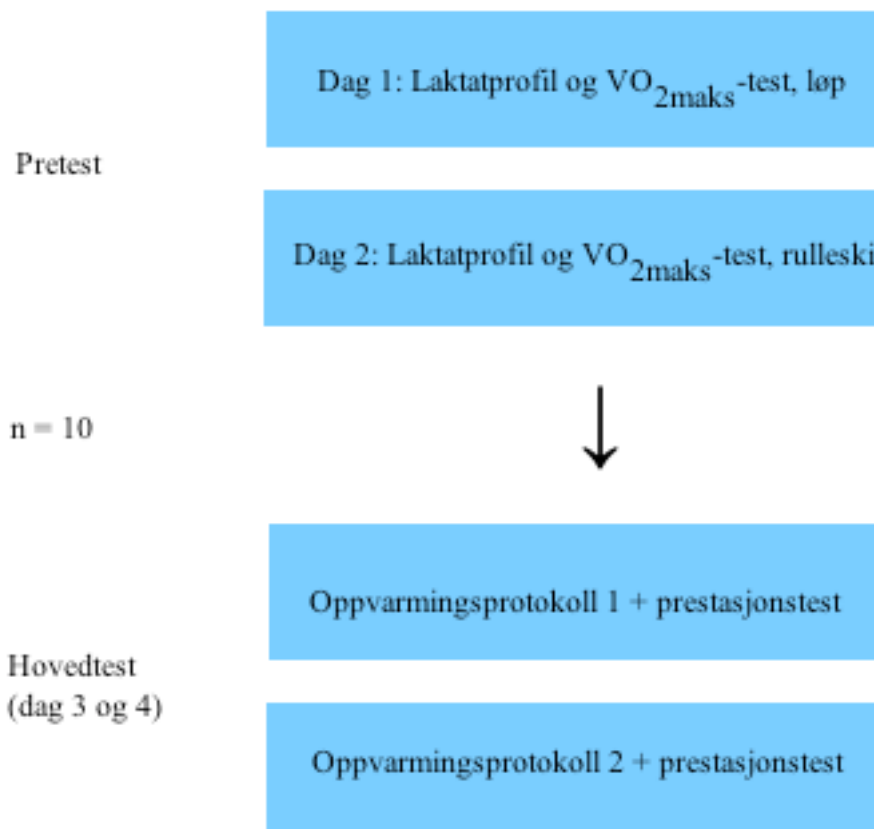
Eksklusjonskriterier var at personer med $VO_{2maks} > 62$ ml*kg⁻¹*min⁻¹, og personer med skader eller sykdommer som kan påvirke testresultatet.

3.4 Pilottester

En fireukers periode før teststart ble brukt til opplæring i prosedyrer og hvordan instrumenter og utstyr skulle håndteres. For at prosedyrene skulle bli godt innarbeidet ble det gjennomført flere tester før studiet startet. Pilottestene ble i hovedsak brukt for å se at protokollene lot seg gjennomføre på en tilstrekkelig måte. Etter pilottesting ble det gjort små justeringer på arbeidsintensitet på oppvarmingsprotokollene.

3.5 Forsøksprotokoll

Datainnsamling ble gjennomført i perioden midten av oktober 2011 til starten av januar 2012. Det var minimum to dager mellom hver test og maksimum en uke mellom de to prestasjonstestene. Testdag 1 gjennomførte FP laktatprofil og VO_{2maks} -test på tredemølla, testdag 2 var tilsvarende på rulleskimølla. Resultatene fra disse testene ble brukt til å beregne belastninger til de ulike oppvarmingsprotokollene i forkant av prestasjonstest på dag 3 og dag 4.



Figur 3.1: Skematisk fremstilling av studiedesignet. Rekkefølgen på dag 3 og dag 4 var randomisert.

3.6 Målemetoder

Laboratorium: Alle tester ble gjennomført ved laboratorier ved Norges Idrettshøgskole. Laktatprofil og VO_{2maks} -test på tredemølle ble gjennomført på fysiologisk testlaboratorium. Resten av testene ble gjennomført på rulleskimølle i biomekanikk laboratoriet.

Tredemølle: Løpstesten ble gjennomført på en elektrisk drevet tredemølle (Woodway, Model PPS 55sport, Weil am Rhein, Tyskland). Helningsvinkelen hadde en variasjonsbredde på 0 – 20%. Under samtlige tester i dette studiet var helningsvinkelen på 5,3%. Hastigheten hadde en variasjonsbredde på 0 – 20 $km \cdot t^{-1}$. Hastighet og helningsvinkel blir kalibrert en gang i halvåret av fagpersonell.

Rulleskimølle: Testdag 2, 3 og 4 ble gjennomført på rulleskimølla (Rodby, Sødertelje, Sverige). Møllas størrelse er på 3 x 4 meter. Mølla ble styrt via et dataprogram utviklet av Bjarne Rud (NIH), dette programmet viser fart oppgitt i $m \cdot s^{-1}$ og vinkel oppgitt i grader ($^{\circ}$). Variasjonsbredden til helningsvinkelen på mølla er -15 til +15 $^{\circ}$, for hastigheten er variasjonsbredden 0 – 7 $m \cdot s^{-1}$. Måleusikkerhet til mølla er $\pm 0,1 m \cdot s^{-1}$ og $\pm 0,05^{\circ}$.

Rulleski: Under testene ble det benyttet skøyterulleski (Swenor, Sarpsborg, Norge). Grunnet forskjellige bindingssystemer ble det benyttet flere par skøyterulleski, to par med NNN-binding og to par med SNS-binding. Rulleskiene er tilnærmet lik de rulleskiene som utøverne benytter til trening. Under en oppvarmingsprotokoll på 30 min vil rullemotstanden til hjulene reduseres med rundt 30-35% av den opprinnelige verdien for skøyterulleski (Ainegren, Carlsson, & Tinnsten, 2008). Av den grunn byttet FP rulleski mellom oppvarmingsprotokoll 2 og 800 m prestasjonstest, slik at FP gikk på 'kalde' rulleski under begge prestasjonstestene. Dette for at forholdene under begge prestasjonstestene skulle være så like som mulig. FP hadde med seg egne skisko til bruk under testene.

Staver: Stavene (CT1, Swix Sport AS, Lillehammer, Norge) som ble brukt under testingen tilhører biomekanisk laboratorie på NIH. Stavlengthe FP brukte under testdag 2 ble notert slik at samme stavlengthe ble benyttet på testdag 3 og 4. Justeringer av

håndtak og pigger ble gjort i forkant av testen. Det ble brukt spesielle pigger på rulleskimølla, en gummikloss som var tilpasset som holk til staven. Under gummiklossen var det festet 'stålbørstepigge' slik at staven fikk tak i under laget på mølla.

Måling av $[La^-]_{bl}$: $[La^-]_{bl}$ ble analysert med en elektroenzymatisk laktatanalysator (1500 Sport fra Yellow Spring Intr., USA). Instrumentet analyserer ekstracellulær laktat i helblod eller plasma. Blodet ble samlet i kapillærrør (Mikro Hämatokrit-kapillaren, Brand GMBH + CO KG, Tyskland) med en 20 μ l pipette og blodet ble injisert i instrumentet for analyse. Testlederspresisjon og kvaliteten på 3-lags membranen i miksekammeret på analysatoren vil være med å bestemme nøyaktigheten til instrumentet. Før test og etter hvert tredje test ble instrumentet kalibrert med 5mmol \cdot l $^{-1}$ standard løsning, der 5 mmol \cdot l $^{-1} \pm 0,1$ var godkjent verdi, deretter kontrollert med 15 mmol \cdot l $^{-1}$ standardvæske. Det var en måleusikkerhet på 2% for $[La^-]_{bl} < 5$ mmol \cdot l $^{-1}$, og ca 3% for $[La^-]_{bl}$ mellom 5 og 15 mmol \cdot l $^{-1}$. Målingene kan i noen tilfeller vær noe usikker ved høye laktatmålinger opp mot 15 mmol \cdot l $^{-1}$, da disse i større grad blir påvirket av kvaliteten på enzymet i laktatanalysatoren. Om enzymet ikke fungerer optimalt vil det ikke klare å analysere nøyaktige verdier opp mot 15 mmol \cdot l $^{-1}$, noe som vil føre til en underestimering ved høye laktatverdier. I den foreliggende studien ble det ikke målt laktat i blodet >10 mmol \cdot l $^{-1}$, dermed vil det ikke anses å være et problem i dette arbeidet. Generelt er det et metodisk problem at La^- produseres i muskelen og måles i blodet. Den gjennomsnittlige $[La^-]$ i muskelen kan være i 10mmol \cdot l $^{-1}$ høyere enn $[La^-]$ i blodet (Dahl, 2008).

Måling av oksygenopptak: VO_2 , V_E og R ble målt med ergospirometersystem med miksekammer (Oxycon Champion Jaeger Instr; Hoechberg, Tyskland). Forsøkspersonen puster gjennom et toveis munnstykke (Hans Rudolph Inc., USA). Neseklype ble brukt slik at inspirasjon og ekspirasjon bare foregikk via munnen. Ekspirert luft ble kontinuerlig analysert i et miksekammer og registrert hvert 30.sek, der innholdet av O_2 og CO_2 ble analysert. En turbin (TripleV volume transducer) målte volumet av ekspirasjonsluften med en måleusikkerhet på mindre enn 2%. Før teststart må man se etter at slangen som leder ekspirert luft inn i miksekammeret er tett, dette gjøres ved å blåse inn i ene enden av slangen mens man holder for den andre enden.

Ingen luftgjennomstrømning betyr at slangen er tett. Det er viktig at munnstykket, turbinen, slangen og analysatoren er konstruert slik at det gir minst mulig økning i luftmotstand under hard fysisk anstrengelse. Diameteren på slangen bør være rundt 30mm eller mer (Åstrand et al., 2003). Deretter ble O₂ og CO₂ kalibrert både mot romluft og en påmontert gassflaske bestående av 14,99 % O₂, 5,99 % CO₂ og 79,02 N₂. Volum ble kalibrert manuelt ved hjelp av en tre liters pumpe (Model 5530, Hans Rudolph, Kansas City, USA) som man fester til slangen der munnstykket skal sitte. Metoden har en måleusikkerhet på ± 3% (Åstrand et al., 2003).

Måling av arteriell O₂ metning: Ved måling av arteriell O₂ metning ble det brukt et pulsoksimeter (Bitmos 901-M, Signal Extraction Puls Oximeters, Massimo Corp, USA), apparatet måler hemoglobins metningsprosent i arterielt blod. Pulsoksimeteret har en måleusikkerhet på ± 3 % i følge teknisk brukermanual. Forsøkspersonen fikk satt på en sensor, lik et plaster (Masimo LNOP Adt, Masimo Corporation, USA), på fingeren som ble festet med tape. I forkant av testingen prøvde vi ut ulike typer sensorer, og valgte ut dette ”plasteret” da det virket som dette satt best på fingeren, samt at det var mest behagelig å ha på sammen med staver. Det var viktig at plaseret var festet løst, slik at blodgjennomstrømningen i fingeren ikke ble redusert. Lysdioder i sensoren belyser arterielt blod i vevet. Blodet måles ved hjelp av en spektrofotometrisk teknikk, dvs at det sendes infrarødt lys gjennom kapillærene i fingeren. Pulsoksimeter skiller mellom oksygenert og deoksigenert blod ved at det absorberer infrarødt lys på ulike måter. Svette på hendene underveis i testingen vil kunne føre til at plasteret løsner eller sitter dårligere, samt at det ved stor bevegelse på armene under rulleskigåing kan gi noe dårligere signaler.

Måling av hjerterefrekvens: Målingene av hjerterefrekvensen ble foretatt med pulsklokke (RS 400, Polar Electro, Norge). Et elektrodebelte som var festet på forsøkspersonen sender signaler til klokken. Signalene ble registrert og lagret hvert 5. sekund. Etter testen ble pulsregistreringen overført til PC via en programvare (Polar Pro Trainer 5, Polar Electro, Norge).

Antropometriske målinger: Forsøkspersonens vekt (Seca 877, Medizinische Waagen und Messsysteme, Tyskland) ble målt før hver test. Forsøkspersonen ble alltid veid

med treningstøy, uten sko. Det ble gjort kontroll målinger av vekten til forsøkspersonen før hver test, da vekt er en av faktorene som er avgjørende for VO_2 -målingene ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$).

Borg skala: Borg skala er en skala fra 6 til 20 der forsøkspersonen oppgir grad av anstrengelse. Skalaen går fra 6 til 20, hvor 6 indikerer at aktiviteten ikke er anstrengende og 20 indikerer at den er maksimalt anstrengende. Dette er forsøkspersonens subjektive følelse i testsituasjonen og dette vil variere fra individ til individ. Skalaen er utviklet slik at psykisk funksjon kan bli vurdert i henhold til de grunnleggende antagelsene om at fysiologisk belastning øker lineært med arbeidsintensitet, og at oppfatningen bør følge den samme lineære økning (Borg, 1998).

3.7 Testprosedyrer

3.7.1 Tilvenning

Alle FP var kjente med å løpe på tredemølle før teststart, dermed ble det ikke brukt noe tid til tilvenning på tredemølla. Etter testdag 1 fikk FP 10-15 minutter til å vende seg til å skøyte på rulleskimølla. Tilvenningen ble startet på lav arbeidsintensitet slik at FP ble kjent med å gå på mølla, deretter økte hastigheten og helningsvinkelen gradvis for at FP fikk føle hvordan det var å gå på en høy arbeidsbelastning. Første gang man skøyter på rulleskimølla vil dette føles noe uvant. Båndet ruller med en konstant hastighet noe som oppleves forskjellig fra å gå på rulleski ute. De fleste FP brukte 2-3 minutter på å finne rytmen på rulleskimølla.

3.7.2 Laktatprofiltest – løp

En laktatprofiltest er en metode for å estimere anaerob terskel. Ved å øke arbeidsbelastningen med $1 km \cdot t^{-1}$ for hver arbeidsperiode vil forholdet mellom $[La^-]_{bl}$ og hastighet følge en eksponentiell kurve (Borch, Injger, Larsen, & Tomten, 1993). For å beregne estimert anaerob terskel tar man gjennomsnittet av de to første La^- -målingene, for å finne en 'hvile'-verdi for $[La^-]_{bl}$, og deretter legges $1,5 mmol \cdot L^{-1}$ til denne 'hvile'-verdien. Verdien man da får kalles estimert anaerob terskel. Testen er en trappetest der belastningen økes for hver arbeidsperiode. Testen begynte med ti minutter oppvarming, der VO_2 ble målt fra 7 til 9 minutt. Etter oppvarming ble det

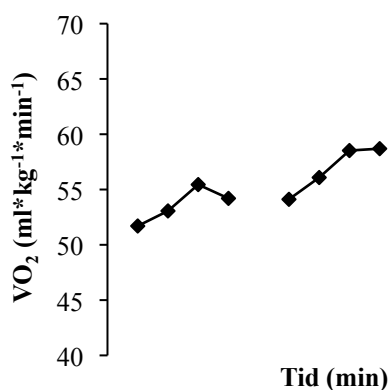
gjennomført 4-7 arbeidsperioder á 5 minutter der belastningen økte med $1\text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ for hver periode, noe som tilsvarer en økning i VO_2 på ca. $5\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. VO_2 ble målt fra 2 til 4 minutter. Mellom hver arbeidsperiode var det ett minutt pause, der det ble tatt blodprøve for å måle $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$. Blodet trekkes opp i et kapillærrør, deretter injisert i pipetten, før det ble analysert i laktatanalysatoren. Det tok rundt 60 sek å få La^- -verdien fra blodprøven. Testen ble avsluttet når FP har nådd estimert anaerob terskel, dvs når $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$ er over den estimerte verdien for anaerob terskel. For å få FP sin subjektive følelse underveis i testen ble FP spurt hvor de lå på Borg skala etter hver arbeidsperiode. Reproduserbarheten til testen er god, med en metodisk feil på $\pm 1,3\%$ (Borch et al., 1993).

3.7.3 $\text{VO}_{2\text{maks}}$ test – løp

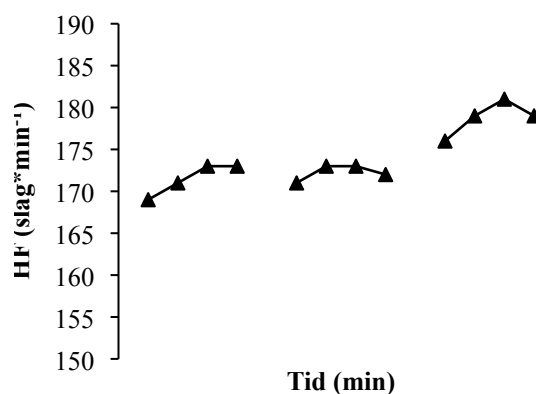
$\text{VO}_{2\text{maks}}$ test ble gjennomført som en trappetest til utmattelse der man økte belastningen med $1\text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ hvert minutt i første del av testen. Under denne testen ble oksygenopptaket målt kontinuerlig. Starthastighet var tilsvarende nest siste belastning på laktatprofiltesten. Testleder kommuniserte med forsøksperson, som samtykket til hastighetsøkning. FP ble spurt om han ville øke med $1\text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$, tommel opp betyr ja. Tommel ned betydde nei, og da ble forsøkspersonen spurt om den ville øke med $\frac{1}{2}\text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$. Tommel opp hvis ja. Siste belastning burde holdes i minimum 1 minutt. FP løp til total utmattelse. Det var vanlig å bruke 4 til 6 minutter på testen. FP fikk tilbakemeldinger fra testleder under hele testen, men ble ikke heiet på før mot slutten. Hovedkriterier for oppnådd $\text{VO}_{2\text{maks}}$ var når VO_2 -målingene flatet av eller sank noe ved fortsatt økende arbeidsbelastning, hos veltrente idrettsutøvere når man dette kriteriet i ca 50% av testene, hos utrente er det noe sjeldnere (Bellardini, Henriksson, & Tonkonogi, 2009). Hjelpkriterier (indirekte kriterier) for oppnådd $\text{VO}_{2\text{maks}}$ var om FP nådde maksimal hjerterefrekvens, R-verdi på 1,0-1,15, $[\text{La}^-]_{\text{bl}} > 8\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, eller en økning i VO_2 som var mindre enn $100\text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ ved en belastningsøkning 25W (ca $1\text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$) eller mer (Bellardini et al., 2009; McArdle et al., 2001; Sandbakk et al., 2010c). FPs subjektive følelse av utmattelse var med å avgjorde når testen ble avsluttet. $\text{VO}_{2\text{maks}}$ ble definert som gjennomsnittsverdien av de høyeste verdiene oppnådd over to påfølgende 30. sek målinger. HF ble registrert hvert 5. sekund under hele testen, gjennomsnittet av de tre høyeste HF-verdiene ble definert som HF_{maks} . Laktatverdier ble målt 3 minutter etter avsluttet test.

3.7.4 Laktatprofiltest – rulleski

Estimering av anaerob terskel på rulleski foregår prinsipielt på en tilsvarende måte som løping på tredemølle. Det har ikke blitt gjennomført noen studier som viser at $[La^-]$ ved økende arbeidsbelastning følger samme eksponentielle kurve som ved en laktatprofiltest ved løping på tredemølle, men midlertidige upubliserte data fra laboratoriet på NIH indikerer at en liknende metode kan brukes. I denne testen ble arbeidsbelastningen styrt med en økning på $0,5^\circ$ for hver arbeidsperiode. Testen begynte med ti minutter oppvarming, der VO_2 ble målt fra 7 til 9 minutt. Oppvarmingen ble gjennomført med en hastighet på $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, og med 3° helningsvinkel på rulleskimølla. Etter oppvarming ble det gjennomført 4 -7 arbeidsperioder à 5 minutter. VO_2 ble målt fra 2 til 4 minutter. Før første arbeidsperiode ble hastigheten økt til $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, mens vinkelen var den samme,



Figur 3.2: Viser at VO_2 når "steady state" ca 2min ut i hver arbeidsperiode ved en laktatprofiltest på rulleski



Figur 3.3: Viser at HF når "steady state" ca 2min ut i hver arbeidsperiode ved en laktatprofiltest på rulleski.

deretter ble belastningen økt med $0,5^\circ$ for hver arbeidsperiode. Denne belastningsøkningen tilsvarer en økning i VO_2 på ca. $5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Mellom hver arbeidsperiode var det 2 minutt pause. For godt trente utøvere synker HF og VO_2 relativt raskt mellom hver arbeidsperiode. Måling av HF viste at det var en rask stigning i HF den første delen av arbeidsperioden, og nådde 'steady state' tidlig i arbeidsperioden (figur 3.3). Til tross for bruk av 2 min hvile, nådde både HF og VO_2 en 'steady state' representativ for hver arbeidsbelastning før målingene fant sted fra 2 til 4 min (figur 3.2 og 3.3). Ca. 1,5 min ut i hver arbeidsperiode fikk FP munnstykke og neseklype. Dette medførte at farten måtte settes ned i 15-20 sekunder. Denne

relativt korte tidsperioden der arbeidsintensiteten var redusert førte i noen tilfeller til at VO_2 svingte på grunn av dette. Det kan se ut til at dette forholdet ikke har påvirket VO_2 verdiene oppgitt fra hver belastning. Det ble tatt blodprøve i pausen for å måle $[La^-]_{bl}$. Testen ble avsluttet når FP nådde estimert anaerob terskel, dvs etter at $[La^-]_{bl}$ var høyere enn $1,5 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ over 'hvile'-verdien (gjennomsnittet av de to første La^- -målingene). For å få FP sin subjektive følelse underveis i testen ble FP spurt hvor de lå på Borg skala.

3.7.5 VO_{2maks} test – rulleski

VO_{2maks} test gjennomføres som en trappetest der man øker belastningen med $0,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ hvert minutt i første del av testen. Liknende test har blitt gjennomført av Sandbakk, Holmberg, Leirdal og Ettema (2010b). Testen starter med hastighet på $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Helningsvinkelen på rulleskimølla ble bestemt etter avsluttet laktatprofil-test, vanligvis ble vinkelen økt med en $0,5^\circ$ i forhold til det som ble brukt under siste arbeidsbelastning på laktatprofiltesten. Under denne testen ble oksygenopptaket målt kontinuerlig. Testleder kommuniserte med FP, som samtykket til belastningsøkning. FP ble spurt om han ville øke hastigheten med $0,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, nikk med hodet betydde ja, riste med hodet betydde nei. Her var kommunikasjon mellom FP og testleder viktig for å oppfatte riktig signal. Siste belastning bør holdes i minimum 1 minutt. FP skal gå til total utmattelse. Det er vanlig å bruke 4 til 6 minutter på testen. FP får tilbakemeldinger fra testleder under hele testen, men ble kun heiet på mot slutten. Hovedkriterier for oppnådd VO_{2maks} er når VO_2 -målingene flater av eller synker noe ved fortsatt økende arbeidsbelastning. Hjelpeskriterier (indirekte kriterier) for oppnådd VO_{2maks} var om FP nådde maksimal hjertefrekvens, R-verdi på 1,0-1,15, $[La^-]_{bl} > 8 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$, eller en økning i VO_2 som var mindre enn $100 \text{ ml} \cdot \text{l}^{-1}$ ved en belastningsøkning 25W (ca $0,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) (Bellardini et al., 2009; McArdle et al., 2001; Sandbakk et al., 2010c). FPs subjektive følelse var også en faktor som er med å avgjøre når testen avsluttes.

3.7.6 Prestasjonstest 800 meter

FP skulle gjennomføre 800m på kortest mulig tid, testen tok vanligvis 3.15 – 3.45 min. Testen ble gjennomført med 5° helning og en starthastighet på $3,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. De første 100 meterne er farten 'låst'. Fra 100 til 800 meter ble hastigheten regulert ved hjelp av et posisjoneringssystem. Systemet fungerte på den måten at når FP førte forhjulet på

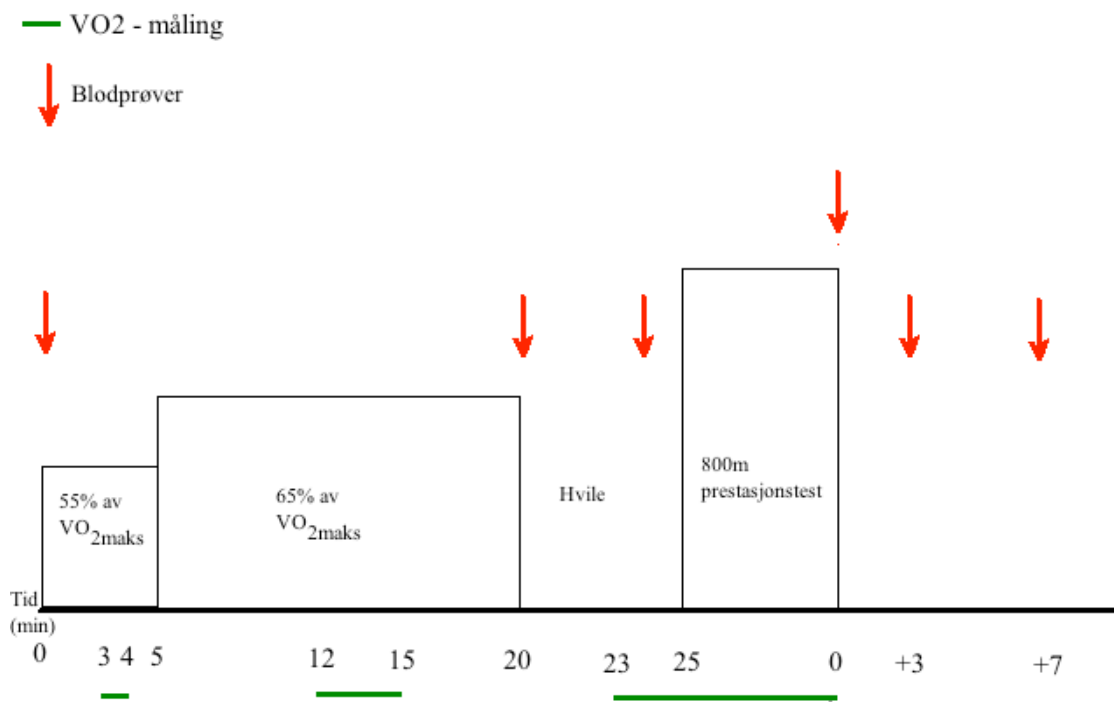
rulleskien foran fremste laserstripe økte hastigheten med $0,25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, testleder gir beskjed om at farten øker. For å senke hastigheten måtte FP føre forhjulet på rulleskien bak den bakerste laserstripe, og hastigheten ble redusert med $0,25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, testleder ga beskjed om at hastigheten reduseres. Under hele testen kunne FP se seg selv på en TV-skjerm, der laserstripene tydelig ble vist. Eneste tillatte stilart var dobbeldans, hvis FP glemte seg ga testleder raskt beskjed om at kun dobbeldans var lov. VO_2 , hjertefrekvens og SpO_2 ble registrert hvert 5. sek under hele testen. FP kunne se hvor lang distanse som var tilbakelagt på en egen skjerm, samt at testleder oppga hvor langt det var igjen for hver 100m. FP fikk ikke vite tiden underveis i testen.

3.7.7 Oppvarmingsprotokoll 1

Oppvarmingsprotokoll 1 ble gjennomført med rulleski, skøyting, som bevegelsesform. Før testen startet tok FP på hjertefrekvensmåler og klokke, slik at HF ble registrert kontinuerlig under hele testen. Deretter fikk FP påmontert et plaster med sensor som målte SpO_2 . Plasteret ble festet på høyre pekefinger og koblet til en ledning som ble tapet fast oppover armen. Ledningen ble festet til pulsoksimeteret som FP hadde i et drikkebelte rundt livet. Oppvarmingen varte i 20 minutter, de første 5 minuttene var arbeidsintensiteten 55% av $\text{VO}_{2\text{maks}}$, deretter ble intensiteten økt til 65% av $\text{VO}_{2\text{maks}}$ de neste 15 min. Arbeidsintensiteten ble beregnet som prosent av $\text{VO}_{2\text{maks}}$ (ut i fra resultatene på testdag 2) for hver enkelt FP, og dermed ble arbeidsintensiteten ulik for FP under oppvarmingen, noe som kan spille inn på resultatet på prestasjonstesten. VO_2 ble målt mellom 3 til 4 minutt og 12 til 15 minutter ut i oppvarmingen (figur 3.4). Mellom oppvarming og start på prestasjonstest var det 5 minutter pause. VO_2 ble målt fra to minutter før prestasjonstesten startet, og gjennom hele prestasjonstesten. Det ble tatt blodprøve i fingeren for å måle $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$. $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$ ble målt på sju ulike tidspunkter i løpet av hver protokoll: Før test ($[\text{La}^-]_{\text{bl}} \text{ hvile}$), rett etter oppvarming ($[\text{La}^-]_{\text{bl}} 20$), ett minutt før start 800m test ($[\text{La}^-]_{\text{bl}} 24$), rett etter test ($[\text{La}^-]_{\text{bl}} 0$), 3 minutter etter test ($[\text{La}^-]_{\text{bl}} +3$), og 7 minutter etter test ($[\text{La}^-]_{\text{bl}} +7$) (figur 3.4). Hjertefrekvens og SpO_2 ble målt kontinuerlig fra oppvarmingen startet til prestasjonstesten var ferdig. I pausen ble rulleskiene byttet.

3.7.8 Oppvarmingsprotokoll 2

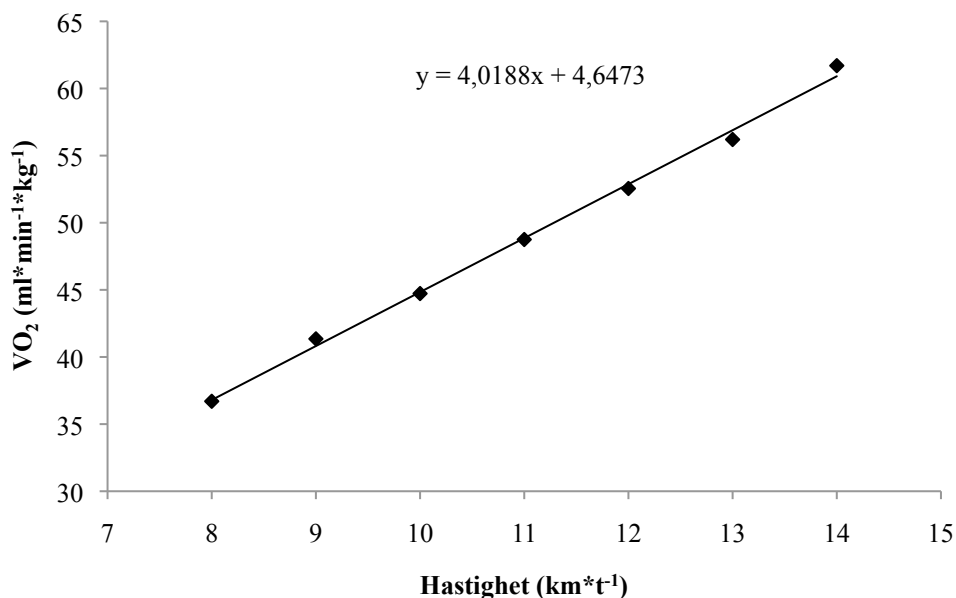
Før oppvarmingen startet ble samme rutine som i oppvarmingsprotokoll 1 gjennomført. Oppvarmingsprotokoll 2 ble gjennomført ved at FP brukte løping som bevegelsesmønster under oppvarmingen. Oppvarmingen varte i 20 minutter, de første 5 minuttene var arbeidsintensiteten 55% av VO_{2maks} , deretter ble intensiteten økt til 65% av VO_{2maks} de neste 15 min. Arbeidsintensiteten ble beregnet ut i fra VO_{2maks} -testen som ble gjennomført på tredemølla på testdag 1. Alle parametere ble målt på samme sted som protokoll 1 (figur 3.4). FP brukte pausen mellom oppvarming og prestasjonstest på å bytte sko fra joggesko til skøytesko. Rekkefølgen på oppvarmingsprotokoll 1 og 2 var randomisert, for å utelukke eventuelle fordeler ved å gå prestasjonstesten for andre gang.



Figur 3.4: Viser en skjematisk fremstilling av oppsettet for testingen. Testoppsettet var lik for begge oppvarmingsprotokollene. HF og SpO_2 ble målt kontinuerlig fra oppvarmingen startet til testen var over. VO_2 ble målt fra 3 til 4 minutter under oppvarmingen, og fra 12 til 15 minutter under oppvarmingen, og fra to minutter før start på 800meter-test til testen var slutt.

3.7.9 Beregninger av arbeidsbelastninger ved oppvarmingsprotokollene

Resultatene fra VO_{2maks} -test på testdag 1 og 2 ble brukt som grunnlag til beregning av arbeidsbelastning på oppvarming ved testdag 3 og 4. Startbelastningen i oppvarmingsprotokollene for test 3 og 4 ble standardisert til 55% av VO_{2maks} , deretter ble belastningen økt til 65% av VO_{2maks} . Ved beregning av belastninger ble formelen for lineær regresjonsanalyse benyttet: $y = ax + b$, der $y = VO_2$ ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$) og $x =$ hastighet ($km \cdot t^{-1}$). Et eksempel på utregning av arbeidsbelastning til oppvarmingsprotokoll 1 for FP X, resultatene fra VO_{2maks} -test på testdag 1 danner grunnlaget for beregningen:



Figur 3.5: Viser forholdet mellom hastighet ($km \cdot t^{-1}$) og VO_2 ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$) ved en submaksimal laktatprofiltest for FP X.

En lineær regresjonsanalyse av grafen på figur 3.5 for FP X ga formelen

$y = 4,02 x + 4,65$, der y er VO_2 og x er hastighet.

VO_{2maks} FP X: $70,6 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$

55% av VO_{2maks} : $38,8 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$

Utrekning:

$$38,8 = 4,02 x + 4,65$$

$$4,02 x = 34,15$$

$$x = 8,49$$

Hastighet ved arbeidsbelastning på 55% av VO_{2maks} : $8,5 km \cdot t^{-1}$.

65% av VO_{2maks} : $45,9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

Utrekning:

$$45,9 = 4,02 x + 4,65$$

$$4,02 x = 41,25$$

$$x = 10,26$$

Hastighet ved arbeidsbelastning på 65% av VO_{2maks} : $10,3 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$.

Tilsvarende beregning ble gjort for oppvarmingsprotokoll 2, for å beregne arbeidsbelastningene ved 55% og 65% av VO_{2maks} . Resultatene fra VO_{2maks} -test på testdag 2 ble brukt til grunnlag for beregningene for oppvarmingsprotokoll 2.

Beregningene er gjort ut i fra den enkelte FPs VO_{2maks} i henholdsvis løping og skøyting på rulleski. Siden FP hadde ulik VO_{2maks} vil arbeidsintensiteten under oppvarmingsprotokollen variere.

3.8 Databehandling og analyser.

3.8.1 Statistikk

Dataene ble analysert i Microsoft Excel 2008. Gjennomsnitt ble benyttet som sentralmål. Datamaterialet i denne studien var normalfordelt, derfor ble det benyttet en parret t-test til analysene. Signifikansnivå på $p < 0,05$ ble definert som statistisk forskjell og $p < 0,01$ høy statistisk forskjell, mens $p < 0,1$ ble betegnet som tendens til signifikant forskjell. Ved beregning av korrelasjon ble Pearsons produkt-moment korrelasjonskoeffisient benyttet. Grad av sammenheng etter tallverdien på korrelasjonskoeffisienten (r) var definert der $r > 0,9$ er høy korrelasjon, $0,7 < r < 0,8$ er moderat korrelasjon og $r < 0,7$ er lav korrelasjon.

4 Resultater

4.1 Tid på 800m prestasjonstest

Tabell 4.1: Tabellen viser tiden (sek) på prestasjonstestene etter protokoll 1 (rulleski) og 2 (løp). Tallene er presentert som gjennomsnitt \pm 1SD.

	Protokoll 1	Protokoll 2
Tid (sek) n = 9	221,8 \pm 20,6	218,7 \pm 23,1

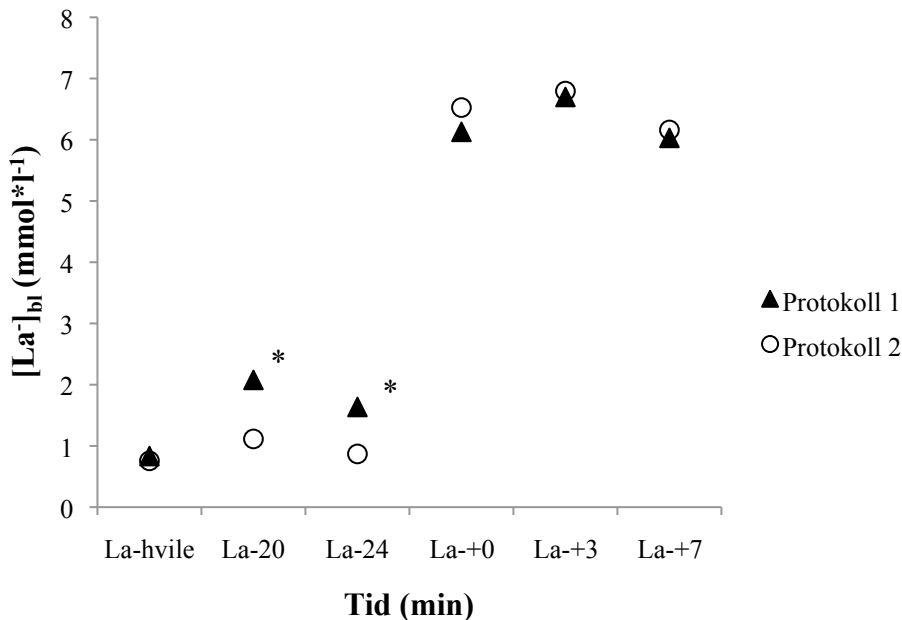
Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell (NS) i tiden brukt på 800 m prestasjonstest på rulleski etter oppvarmingsprotokoll 1 (221,4 \pm 19,5 sek), sammenliknet med resultatene fra protokoll 2 (218,7 \pm 21,8 sek) der løping ble benyttet som bevegelsesmetode (tabell 4.1). I denne delen av oppgaven brukes begrepene protokoll 1 for oppvarming på rulleski, og protokoll 2 for oppvarming med løping som bevegelsesmetode. Begge protokoller ble etterfulgt av en 800m prestasjonstest på rulleski (skøyting). N = 10 hvis ikke annet er nevnt.

4.2 Endring i $[La^-]_{bl}$ under oppvarming

Tabell 4.2: Oversikt over $[La^-]_{bl}$ ($mmol \cdot l^{-1}$) målt ved ulike tidspunkter gjennom oppvarmingsprotokoll 1 og 2. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt \pm SD. * Markerer at $[La^-]_{bl 24}$ og $[La^-]_{bl 20}$ er signifikant forskjellig fra $[La^-]_{bl hvile}$ ($p < 0,01$). # Markerer at $[La^-]_{bl 24}$ er signifikant forskjellig fra $[La^-]_{bl 20}$ ($p < 0,01$). \$ Markerer at protokoll 1 er signifikant forskjellig fra protokoll 2 ($p < 0,05$).

	$[La^-]_{bl hvile}$ n = 10	$[La^-]_{bl 20}$ n = 10	$[La^-]_{bl 24}$ n = 10	$[La^-]_{bl +0}$ n = 9	$[La^-]_{bl +3}$ n = 9	$[La^-]_{bl +7}$ n = 9
Protokoll 1 (rulleski)	0,8 \pm 0,2	2,1 \pm 0,8* ^{\$}	1,6 \pm 0,7* [#]	6,1 \pm 1,0	6,7 \pm 1,1	6,0 \pm 1,3
Protokoll 2 (løp)	0,8 \pm 0,1	1,1 \pm 0,4*	0,8 \pm 0,2* [#]	6,5 \pm 1,0	6,8 \pm 0,9	6,2 \pm 1,0

Tallene fra $[La^-]_{bl}$ hvile var tilnærmet lik før begge oppvarmingsprotokollene (tabell 4.2), mens $[La^-]_{bl 20}$ og $[La^-]_{bl 24}$ var signifikant høyere ($p < 0,05$) etter protokoll 1 (henholdsvis $2,1 \pm 0,8$ og $1,6 \pm 0,7$ $mmol \cdot l^{-1}$) sammenliknet med protokoll 2 (henholdsvis $1,1 \pm 0,4$ og $0,8 \pm 0,2$ $mmol \cdot l^{-1}$) (tabell 4.2). $[La^-]_{bl 24}$ var signifikant lavere enn $[La^-]_{bl 20}$ etter begge oppvarmingsprotokollene ($p < 0,05$). Det ble ikke funnet noen forskjell (NS) i $[La^-]_{bl}$ mellom protokoll 1 og 2 i etterkant av prestasjonstestene. Økningen i $[La^-]_{bl}$ under 800m test var signifikant lavere ($p < 0,05$) for protokoll 1 ($4,5 \pm 1,56$ $mmol \cdot l^{-1}$) sammenliknet med protokoll 2 ($5,6 \pm 0,97$ $mmol \cdot l^{-1}$) (figur 4.1). Det ble ikke gjennomført noen statistiske beregninger av $[La^-]_{bl}$ før og etter prestasjonstest for hver protokoll da det vil være naturlig at $[La^-]_{bl}$ etter avsluttet prestasjonstest vil være høyere enn før test.



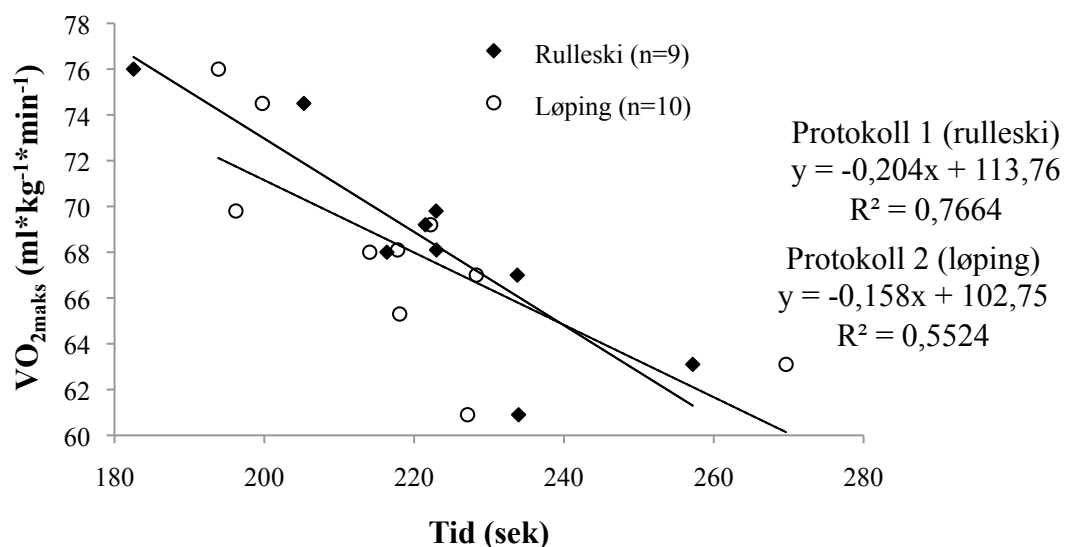
Figur 4.1: Viser $[La^-]_{bl}$ ($mmol \cdot l^{-1}$) målt ved ulike tidspunkt gjennom hver oppvarmingsprotokoll. *markerer signifikant forskjell mellom protokoll 1 (rulleski) og 2 (løp) ($p < 0,05$).

4.3 VO_2 under protokoll 1 og 2

Tabell 4.3: Oversikt over VO_2 ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) målt ved ulike arbeidsbelastninger underveis i protokoll 1 (rulleski) og 2 (løp), samt under 800m prestasjonstest (VO_{2peak}). Verdiene er gjennomsnitt \pm 1SD ($p < 0,05$). * Markerer at protokoll 1 var signifikant forskjellig fra protokoll 2 ($p < 0,05$). $N = 10$ hvis ikke annet er oppgitt.

	VO_2 ved 55% av VO_{2maks}	VO_2 ved 65% av VO_{2maks}	VO_2 hvile	VO_{2peak} n = 9
Protokoll 1 (rulleski)	36,1 \pm 4,3	46,8 \pm 4,8	9,5 \pm 1,2*	68,9 \pm 4,7
Protokoll 2 (løp)	38,2 \pm 3,4	46,8 \pm 4,2	12,2 \pm 2,2*	66,4 \pm 5,3*

Det var ingen signifikant forskjell i VO_2 ved arbeidsintensitet på 55% og 65% av VO_{2maks} i de to ulike oppvarmingsprotokollene ($p < 0,05$). % av VO_{2maks} er regnet ut i fra resultatene målt under VO_{2maks} -test i henholdsvis rulleski og løping. VO_{2peak} var signifikant høyere under prestasjonstest etter protokoll 1, sammenliknet med resultatene fra protokoll 2 ($p < 0,05$). VO_2 hvile (målt de siste to minuttene før start på 800m-test) var signifikant høyere ($p < 0,05$) etter oppvarmingsprotokoll 2 ($12,15 \pm 2,22 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) sammenliknet med protokoll 1 ($9,74 \pm 0,85 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$).



Figur 4.2: Viser sammenhengen mellom VO_{2maks} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) oppnådd på rulleski og tiden (sek) brukt på prestasjonstestene etter oppvarmingsprotokoll 1 og 2.

Det var en sterk negativ korrelasjon mellom VO_{2maks} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) oppnådd på rulleski og tiden brukt på prestasjonstesten etter oppvarmingsprotokoll 1 ($r = -0,84$) og 2 ($r = -0,73$) (figur 4.2). Figur 4.2 viser at FP som oppnådde VO_{2maks} på rulleski brukte kortest tid på 800m prestasjonstest.

4.4 Forløpet til HF under protokoll 1 og 2

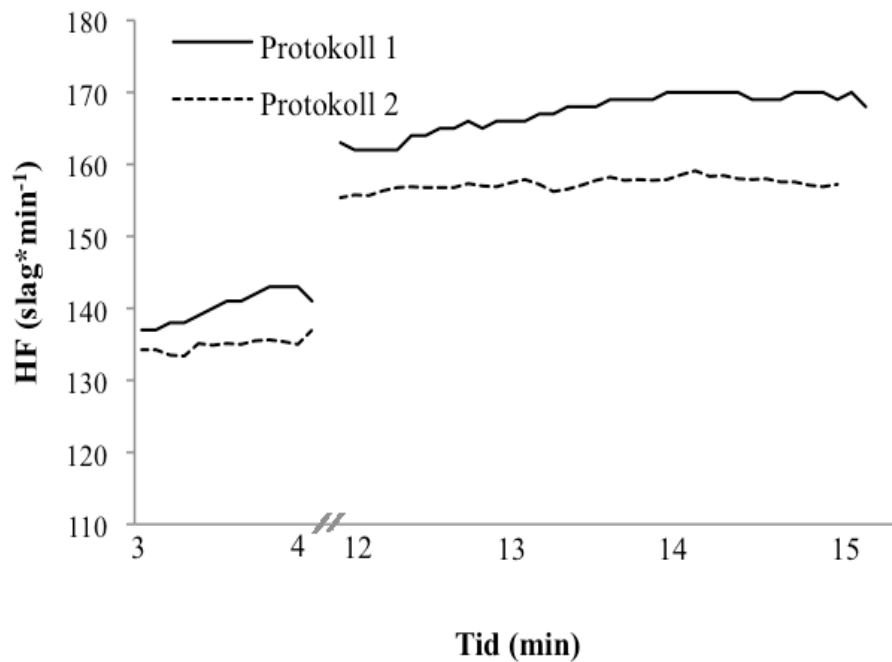
Tabell 4.4: Oversikt over HF (slag* min^{-1}) målt ved ulike arbeidsbelastninger gjennom oppvarmingsprotokoll 1 (rulleski) og 2 (løp), samt HF fra siste del av 800m prestasjonstest (HF_{peak}). Verdiene er gjennomsnitt \pm SD for hvert målepunkt. *Markerer at protokoll 1 var signifikant forskjellig fra protokoll 2 ($p < 0,05$).

	HF ved 55% av VO_{2maks}	HF ved 65% av VO_{2maks}	HF_{hvile}	HF_{peak} (n = 9)
Protokoll 1 (rulleski)	140 \pm 12	167 \pm 11	123 \pm 14	194 \pm 8
Protokoll 2 (løp)	136 \pm 10	158 \pm 7*	124 \pm 10	194 \pm 8

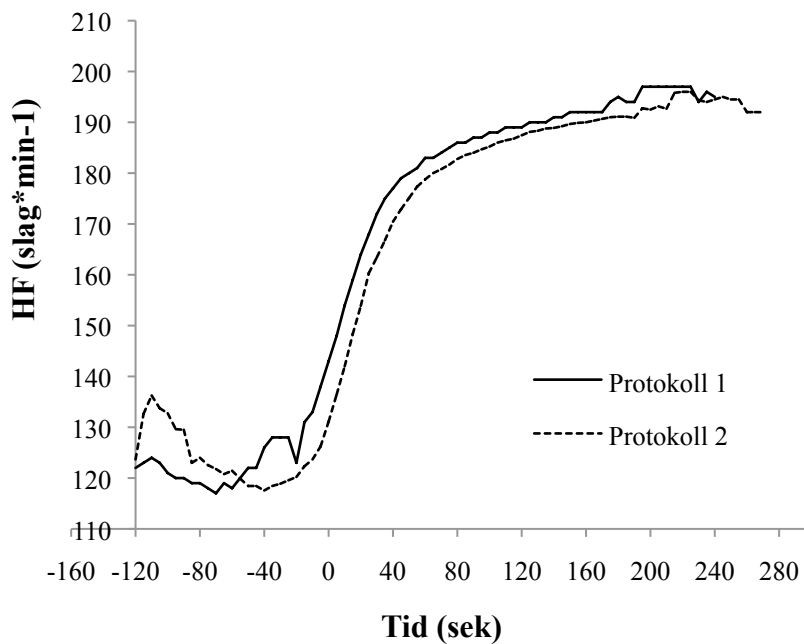
Resultatene viste at ved en arbeidsintensitet på 65% av VO_{2maks} var HF signifikant høyere ($p < 0,05$) etter oppvarmingsprotokoll 1 (167 \pm 11 slag* min^{-1}) sammenliknet med protokoll 2 (158 \pm 7 slag* min^{-1}) (figur 4.3, tabell 4.3). HF_{hvile} (målt siste 2 min før teststart) og HF_{peak} var lik etter begge oppvarmingsprotokollene (194 \pm 8 slag* min^{-1}) (tabell 4.4). Verdiene i tabell 4.4 var gjennomsnitt målt over to minutter for hver belastning.

Resultatene viste at HF var signifikant høyere ($p < 0,05$) gjennom protokoll 1 sammenliknet med protokoll 2 (figur 4.3) under oppvarmingen ved en arbeidsbelastning på 65% av VO_{2maks} . HF var tilnærmet lik (NS) ved protokoll 1 og 2 ved en arbeidsbelastning på 55% av VO_{2maks} .

Gjennom 800m-testene var HF (slag* min^{-1}) tilnærmet lik for protokoll 1 og 2 (figur 4.4). HF_{peak} under testen etter både protokoll 1 og 2 var 194 \pm 8 slag* min^{-1} . HF_{hvile} (målt siste to minuttene før hver test) er noe høyere i starten av målingene fra protokoll 2 enn protokoll 1, men verdiene er ikke signifikant forskjellig (figur 4.4).

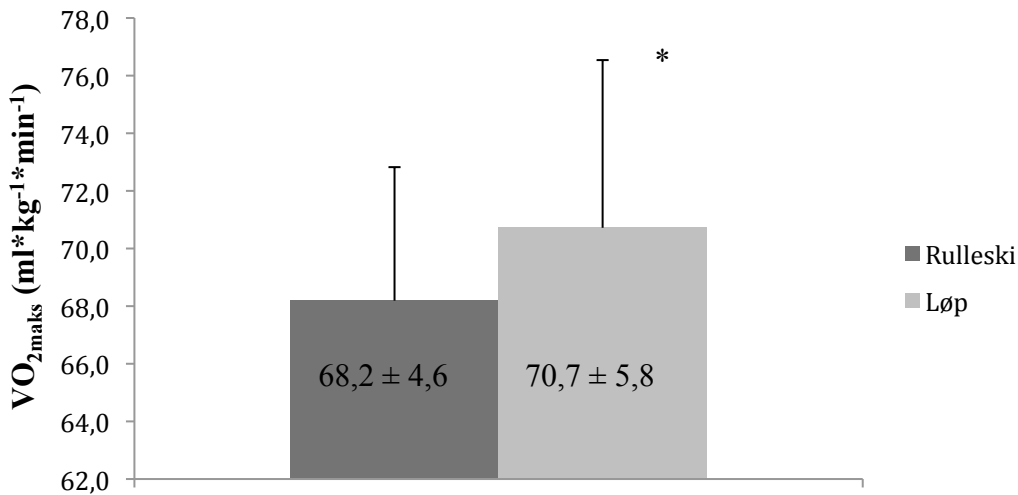


Figur 4.3: HF (slag*min⁻¹) målt ved arbeidsbelastning på 55% av VO_{2maks} og 65% av VO_{2maks} er under oppvarmingsprotokoll 1 og 2. Verdiene er gjennomsnittet av målingene hvert 5. sek under hver protokoll. $N = 9$ for protokoll 1.



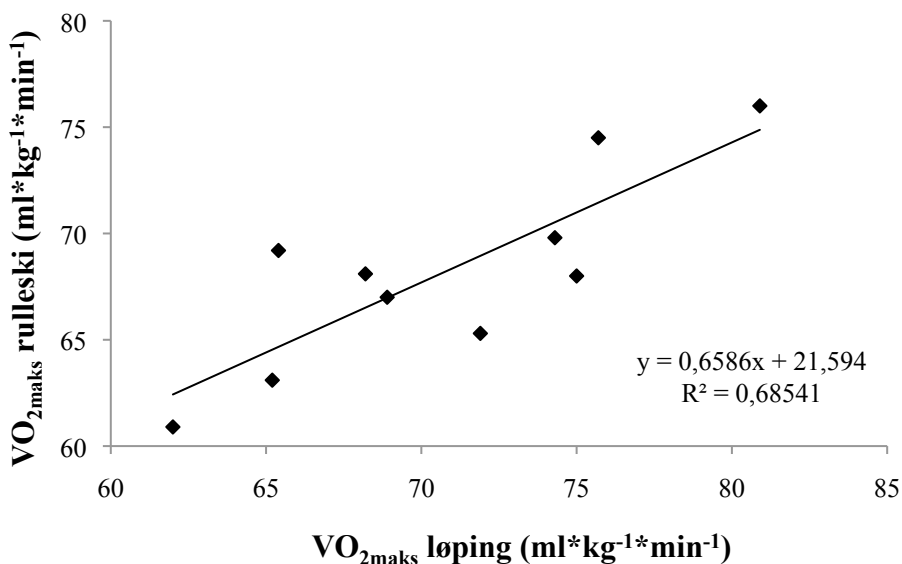
Figur 4.4: HF (slag*min⁻¹) målt fra to min før start på 800m-testene og gjennom begge testene etter oppvarmingsprotokoll 1 og 2. 0 sek på tidsaksen markerer start på 800m-test. Verdiene er gjennomsnitt for alle FP, målt hvert 5. sek under hele testen. $N = 9$ for protokoll 1.

4.5 Forskjell i VO_{2maks} mellom rulleskigåing og løping



Figur 4.5: VO_{2maks} (ml*kg⁻¹*min⁻¹) oppnådd i løping var signifikant høyere ($p < 0,05$) sammenliknet med rulleski. Verdiene er gjennomsnitt ± SD for alle FP. *indikerer at VO_{2maks} i løping var signifikant forskjellig fra rulleski ($p < 0,05$).

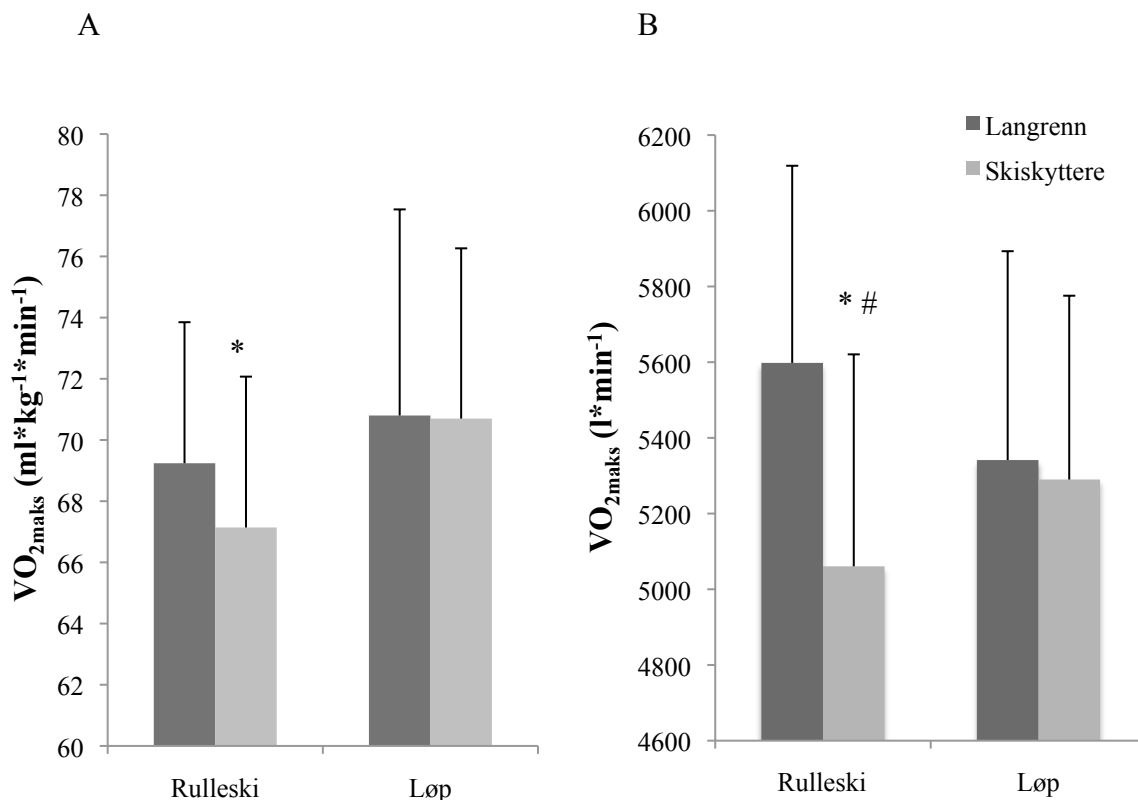
Ved testing av VO_{2maks} i løping på tredemølle og skøyting på rulleski (figur 4.5), på to separate dager, viste resultatene en signifikant høyere ($p < 0,05$) VO_{2maks} i løping ($70,7 \pm 5,8$ ml*kg⁻¹*min⁻¹) sammenliknet med rulleski, skøyting ($68,2 \pm 4,6$ ml*kg⁻¹*min⁻¹).



Figur 4.6: Resultatene viser sammenhengen mellom VO_{2maks} målt ved en test i løping og en test på rulleski ($r = 0,83$).

Resultatene viste at det var en god korrelasjon mellom VO_{2maks} i løping og VO_{2maks} på rulleski fra hver av FP (figur 4.6). FP med høy VO_{2maks} i løping hadde i gjennomsnitt høy VO_{2maks} på rulleski. FP hadde i gjennomsnitt $2,5 \pm 3,2 \text{ ml*kg}^{-1}\text{*min}^{-1}$ lavere VO_{2maks} på rulleski, sammenliknet med løping ($p < 0,05$).

4.5.1 Forskjell i VO_{2maks} mellom langrensløpere og skiskyttere



Figur 4.7: A: Viser VO_{2maks} angitt som $\text{ml*kg}^{-1}\text{*min}^{-1}$ i løping og på rulleski for langrensløpere ($n = 5$) og skiskytter ($n = 5$). B: Viser VO_{2maks} angitt som l*min^{-1} i løping og på rulleski for langrensløpere og skiskyttere. *Indikerer at skiskyttere har signifikant lavere VO_{2maks} på rulleski sammenliknet med langrensløpere ($p < 0,05$). #Markerer at skiskytterne har tendens til lavere VO_{2maks} på rulleski sammenliknet med løp ($p = 0,06$). Verdier er gjennomsnitt \pm SD.

I studien deltok 5 langrensløpere og 5 skiskyttere. Resultatene viser at langrensløpere og skiskyttere i dette arbeidet hadde tilnærmet lik VO_{2maks} ($\text{ml*kg}^{-1}\text{*min}^{-1}$) målt ved løping (henholdsvis $70,8 \pm 6,74$ og $70,7 \pm 5,56 \text{ ml*kg}^{-1}\text{*min}^{-1}$), mens langrensløperne hadde signifikant høyere ($p < 0,05$) VO_{2maks} ved test på rulleski sammenliknet med skiskytterne (henholdsvis $69,24 \pm 4,61$ og $67,14 \pm 4,93 \text{ ml*kg}^{-1}\text{*min}^{-1}$) (figur 4.7A).

Resultater

Resultatene viste at skiskytterne hadde en tendens til lavere ($p = 0,06$) $VO_{2\text{maks}}$ ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$) oppnådd på rulleski, sammenliknet med løping (henholdsvis $5,29 \pm 0,49$ og $5,06 \pm 0,56 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$). Hos langrensløperne derimot ble det ikke funnet signifikant forskjell i $VO_{2\text{maks}}$ ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$) mellom de to ulike bevegelsesformene (figur 4.7B). Testene var målt på to separate dager, og resultatene fra disse testene ble primært brukt til å regne ut belastningen til oppvarmingen under hovedtestene.

5 Diskusjon

Hovedformålet med denne studien var å undersøke mulige effekter av å gjennomføre en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster i forkant av en prestasjonstest på rulleskimølla, sammenliknet med en generell oppvarming der løping ble brukt som bevegelsesmetode. Videre var hensikten å undersøke om det var noen forskjell i fysiologiske variabler som HF, VO_2 og $[La^-]_{bl}$ etter en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster, sammenliknet med en generell oppvarming. Det viktigste funnet i dette arbeidet var at det ikke er noen forskjell (NS) i tid brukt på 800m-test på rulleski (skøyting) etter oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster, sammenliknet med en generell oppvarming med bruk av løping. Derimot ble det funnet signifikante forskjeller i fysiologiske variabler som HF, VO_2 og $[La^-]_{bl}$ etter oppvarming på rulleski sammenliknet med løping. Blant annet var VO_{2peak} målt mot slutten av 800m-testene signifikant høyere etter oppvarming på rulleski, sammenliknet med generell oppvarming.

Så vidt forfatteren bekjent har ingen tidligere arbeider tatt opp og studert i hvilken grad oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster kan påvirke prestasjonen ved gjennomføring av et maksimalt arbeid med tid til utmattelse rundt ~200 sek. Derimot finnes det noen studier som har studert effekten av forskjellige former for oppvarming på prestasjonen og fysiologiske variabler ved bruk av ulike bevegelsesformer som sykling, løping, langrenn (skøyting og klassisk) ved ulike submaksimale og maksimale arbeidsbelastninger (Brown et al., 2008; Ingjer & Strømme, 1979; Jones et al., 2003). Resultatene fra disse arbeidene sammen med foreliggende data vil danne en vesentlig del av grunnlaget for den påfølgende diskusjonen.

5.1 Metodiske betraktninger

5.1.1 Gjennomføring av testene

For å kunne oppnå et resultat som var mest mulig relevant og adekvat for den målgruppen som det foreliggende arbeidet var beregnet på ble det benyttet godt utholdenhetstrene og topp motiverte FP fra langrenn og skiskyttermiljøet, som alle var villig til å presse seg til utmattelse. Erfaring fra rulleskigåing med høy arbeidsintensitet og løping på tredemølle var en av inklusjonskriteriene til studien. Det er rimelig å anta

at FP fikk en viss læringseffekt underveis i testperioden. Denne mulige læringseffekten ble forsøkt gjort så liten som mulig ved tilvenning, spesielt på rulleskimølle, før testperioden startet. Det ble ikke funnet noen forskjell i tid mellom første og andre gjennomføring av 800m-test, noe som kan tyde og forsterke påstanden om at det ikke har vært noen vesentlig læringseffekt som har kunnet påvirke resultatene nevneverdig.

Etter pilottesting og noen justeringer ble det bestemt at arbeidsbelastningen under oppvarming skulle være på ca 55% av VO_{2maks} i 5 minutter, deretter 15 minutter med belastning på ca 65% av VO_{2maks} (Bishop, 2003b; Stewart & Sleivert, 1998). Enkelte av FP følte at dette var noe høyere arbeidsbelastning enn det de var vant til å bruke under oppvarming. Beregningene av arbeidsbelastning ble gjort etter VO_{2maks} -test i henholdsvis løping og på rulleski, på to separate dager i forkant av hovedtestene. Dersom FP ikke nådde VO_{2maks} under disse testene kan dette ha ført til at den oppvarmingsbelastningen som ble beregnet var noe lav. Det ble derimot ikke funnet noen forskjell (NS) i VO_{2maks} fra rulleskitesten sammenliknet med VO_{2peak} målt mot slutten av prestasjonstestene. På bakgrunn av dette og tidligere beskrevet hjelpekriterier for oppnåelse av VO_{2maks} , tyder dette på at FP nådde VO_{2maks} på dag 2 (laktatprofil og VO_{2maks} -test på rulleski) i dette arbeidet.

Variasjoner i dagsform og motivasjon er faktorer som kan ha påvirket tiden brukt på 800m- testene. Disse parameterne er både vanskelig å måle og ha kontroll over, men er klart viktige faktorer som kan virke inn på resultatet under testing, selv om det er vanskelig å vite hvor stor innvirkning disse har hatt for resultatene på 800m tester. Bruken av et relativt stort antall FP og randomisering ved valg av rekkefølgen testene ble gjennomført på burde tilsi at denne typen feilkilder vil være redusert eller langt på vei eliminert.

5.1.2 Forandring i friksjon på rulleski under test

Ved studier der det benyttes rulleski på tredemølle må det tas hensyn til friksjonen mellom rulleski og båndet på mølla. Det er vist at under en arbeidsperiode på 30 minutter reduseres friksjonskoeffisienten (μ_R) til hjulene med 35-40% av startverdien (Ainegren et al., 2008). Dette avhenger av faktorer som kroppsmasse, romtemperatur (19°C) og strukturen i båndet på mølla. Friksjonen til rulleskiene som ble brukt i denne studien ble kalibrert med jevne mellomrom ved laboratoriet på NIH. For at forholdene

under 800m test skulle være så like som mulig, og dermed noe av grunnlaget for sammenlikningen av tid brukt på 800m, gikk alle FP på ”kalde” rulleski ved begge de to ulike 800m-testene. Det vil si at at FP byttet rulleski i pausen mellom oppvarmingsprotokoll 1 (rulleski) og prestasjonstest. I denne studien brukte alle FP samme rulleski, bortsett fra en, som hadde en annen type binding. Denne ene FP brukte samme par rulleski ved begge prestasjonstestene, dermed kan resultatene fra disse testene sammenliknes med hverandre. For å styrke reliabiliteten til resultatene (tiden brukt på 800m) i denne studien er det mulig at det burde blitt benyttet en metode for å ”varme opp” rulleskihjulene i forkant av 800m testene, for eksempel ved å ha benyttet en type ovn, varmeskap eller lignende. Det er nærliggende å tro at μ_R forandret seg gjennom prestasjonstestene, men siden forholdene (kroppsmasse, romtemperatur og strukturen i båndet) var tilnærmet like under begge prestasjonstestene er det rimelig å anta at sammenlikning av tiden brukt på 800m-testene i denne studien er valid.

5.1.3 Måling av arteriell oksygen metning i blodet

Målingene av S_pO_2 viste enkelte ganger usammenhengende signaler, der signalet til tider falt ut i løpet av testene, og spesielt under prestasjonstestene. Usammenhengende signaler kan skyldes stor bevegelse av armen ved stavbruk, samt svette, noe som førte til at ”plasteret” med sensoren løsnet. Det kan spekuleres i om valg av en annen type sensor, som for eksempel hodesensor, ville gitt valide signaler. Med bakgrunn i det som er nevnt ovenfor ble det valgt å ikke analysere S_pO_2 -verdiene målt i dette studiet, dermed har vi ikke kunnet sammenlikne fall i oksygenmetning mellom oppvarmingsprotokoll 1 og 2 under 800m prestasjonstest.

5.2 Tid til utmattelse

Et av hovedfunnene i denne studien var at ved en sammenlikning av en protokoll med bevegelsesspesifikk oppvarming og en protokoll med generell oppvarming i forkant av en prestasjonstest på rulleski (skøyting), ble det ikke funnet noen signifikant forskjell i tid brukt på 800m skøyting på rulleskimølla (tabell 4.1). Resultatet er i alle tilfeller av interesse rent praktisk siden det vil kunne bidra til debatten om hvilken type oppvarming som er optimalt før en langrennskonkurranse. Ved begge oppvarmingene ble det benyttet tilnærmet samme arbeidsbelastning, bruk av store muskelgrupper og tilnærmet samme testtid. Man kan derfor ikke se bort i fra at oppvarmingen med rulleski

og løp på tredemølle var ganske like i dette arbeidet, og at utfallet av prestasjonstestene av den grunn muligens ikke vil kunne gi noen forskjell i prestasjonen. På den annen side bør det ikke ses bort i fra at et større materiale og en mer nøyaktig prestasjonstest ville ha kunnet avdekke forskjeller som dette arbeidet ikke greide.

Så vidt forfatteren bekjent finnes det ingen tidligere studier som har hatt tilsvarende problemstillinger og forsøksoppsett som i denne studien. Direkte sammenlikninger med fra resultatene fra andre studier vil derfor ikke være adekvat. Tiden brukt på 800m-test i denne studien var $\sim 220 \pm 21$ sek, noe som er i tråd med det Sandbakk et al. (2010a) har rapportert etter en studie av en internasjonal sprintkonkurranse i langrenn, der resultatene viste at tiden brukt på en sprintløype var $\sim 240 \pm 5$ sek, Distansen i Sandbakk et al. (2010a) sin studie var 1820 m, noe som er en del lengre enn distansen tilbakelagt på testen i dette arbeidet. Noe av det som er den største forskjellen mellom 800m prestasjonstestene gjennomført i denne studien og en reell sprint konkurranse er at hele testen ble gjennomført i kontinuerlig motbakke på rulleskimølle med konstant helningsvinkel, dermed er det ikke noen ”hvileperioder” i løpet av en arbeidsperiode. Ved rulleskigåing på mølla holder man en konstant hastighet over tid, og det er hastigheten på båndet som er med på å påvirke hvor mye kraft som skal legges i hvert skyv. Det er grunn til å tro at dette vil føles noe annerledes for utøveren, sammenliknet med skigåing på snø. Tiltross for forskjellene mellom langrenn på snø og rulleski, er de grunnleggende prinsippene for fremdrift de samme (Rundell, 1995; Sandbakk et al., 2010c). I tillegg er det funnet en god korrelasjon mellom prestasjonen i langrenns sprint på snø og en prestasjonstest innendørs på rulleskimølle (Sandbakk et al., 2010a). Ut i fra det som er nevnt ovenfor kan prestasjonen på testen som ble gjennomført i denne studien med noe forsiktighet overføres til prestasjonen ved en utendørs sprintkonkurranse i langrenn, både med hensyn på tiden brukt under testen og bevegelsesmønsteret. Dermed vil resultatene fra denne studien kunne gi en indikasjon på at oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster i forkant av en langrennssprint muligens ikke vil påvirke prestasjonen i særlig grad, sammenliknet med en generell oppvarming med løping som bevegelsesmønster.

5.2.1 Arbeidsintensitet på oppvarming

I denne studien var arbeidsintensiteten under oppvarming i protokoll 1 og 2 fra 55%- 65 % av VO_{2maks} . Resultatene viste videre at målt VO_2 ved 55% av VO_{2maks} og ved 65% av VO_{2maks} var tilnærmet lik ved begge oppvarmingsprotokollene. Dette kan indikere at det ikke var noen vesentlig forskjell i arbeidsintensitet ved de to oppvarmingene som ble gjennomført. Denne arbeidsbelastningen er innenfor anbefalt intensitet ved oppvarming, 60 – 70 % av VO_{2maks} (Bishop et al., 2001; Karlsson et al., 1971; Stewart & Sleivert, 1998). Videre var denne arbeidsintensiteten høy nok til å øke kroppstemperaturen betydelig (Saltin & Hermansen, 1966), samtidig som den sannsynligvis ikke vil redusere høyenergifatlagrene eller øke mengden av $[La^-]_{bl}$ og H^+ verken i muskel eller blod (Karlsson et al., 1971). Av tidligere studier er det få eller ingen som har sammenliknet eventuelle effekter av bevegelsesspesifikk oppvarming i forkant av en test, men noen studier har sett på effekten av oppvarming med spesifikk arbeidsintensitet med tanke på den påfølgende aktiviteten (Bishop et al., 2001; Bishop, Bonnetti, & Spencer, 2003; Mitchell & Huston, 1993). Oppvarming med spesifikk arbeidsintensitet vil si en kort periode med innslag av samme arbeidsintensitet som skal bli benyttet i den påfølgende aktiviteten. Bishop et al. (2003) rapporterte at oppvarming med spesifikk arbeidsintensitet resulterte i en forbedring i prestasjonen i et påfølgende arbeid på kajakk ergometer. I dette studiet ble det benyttet samme arbeidsintensitet (65% av VO_{2maks}) under oppvarming som i det foreliggende arbeidet. De gjennomførte en kontinuerlig oppvarming i 15 min, og en kontinuerlig oppvarming hvor det mot slutten var lagt inn av 5 x 10 sek sprint (~200 % av VO_{2maks}) med 50 sek pause mellom hver sprint. En mulig grunn til den rapporterte forbedringen i prestasjonen etter oppvarming med spesifikk arbeidsintensitet oppgis av Bishop (2003b) å kunne være en økning i nevro-muskulær aktivitet i de arbeidende muskler. Det er mulig at det kunne vært sett en forbedring i prestasjon på 800-testene i det foreliggende arbeidet om det hadde blitt lagt inn noen kortere arbeidsperioder (30 - 60 sek) med arbeidsintensitet opp mot VO_{2maks} . På en annen side fant Mitchell & Huston (1993) ingen forbedring i prestasjon på 183 m svømming (~110% av VO_{2maks}) etter en oppvarming med spesifikk arbeidsintensitet (4 x 46m ~110% av VO_{2maks} , 1 min pause), sammenliknet med ingen oppvarming og kontinuerlig oppvarming med arbeidsintensitet på ~70% av VO_{2maks} . Det kan se ut til at i forkant av en oppvarming med spesifikk arbeidsintensitet bør det gjennomføres en generell oppvarming, med submaksimal arbeidsbelastning.

Oppvarmingen med spesifikk arbeidsintensitet bør være kort nok i tid til ikke å forårsake tretthet i muskulaturen, samtidig som den bør ha spesifikt bevegelsesmønster med tanke på den påfølgende aktiviteten (Bishop, 2003b). Det er mulig at det i det foreliggende arbeidet kunne ha blitt gjennomført noen kortere arbeidsperioder (< 1min) med arbeidsintensitet opp mot VO_{2maks} mot slutten av hver oppvarmingsprotokoll, med den hensikt å bl.a. øke den nevro-muskulære aktiviteten i arbeidende muskler i forkant av prestasjonstestene. Det kan videre spekuleres i om en kombinasjon av oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster og spesifikk arbeidsintensitet ville ført til en forbedring i prestasjon med tanke på sprint i langrenn. For å avdekke om dette vil ha en mulig effekt bør det gjennomføres flere forsøk i tiden som kommer.

5.3 Fysiologiske variabler: VO_2 , $[La^-]_{bl}$ og HF

5.3.1 Oksygenopptak

Resultatene fra det foreliggende arbeidet viste lavere VO_{2peak} målt siste del av 800m-test etter protokoll 2, sammenliknet med protokoll 1 (tabell 4.3). Det kan være at det er en fordel å gjennomføre en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster for å forberede arbeidende muskler på den påfølgende aktiviteten, blant annet ved å øke T_m , noe som i følge Bishop (2003a), vil kunne føre til en økt avgivelse av oksygen fra blodet til arbeidende muskler, samt en økt nerveledningshastighet. En økning i T_m som følge av oppvarming har vist seg å øke oksygentransporten (Koga, Shiojiri, Kondo, & Barstow, 1997), og det kan være mulig at dette er noe av årsaken til at det ble funnet en høyere VO_{2peak} under protokoll 1, enn protokoll 2. Som nevnt tidligere var arbeidsbelastningene og bruken av store muskelgrupper relativt lik ved begge oppvarmingsprotokollene i denne studien. Det er mulig at en spesifikk oppvarming fører til en høyere T_m , sammenliknet med en generell oppvarming, da spesielt T_m i overkroppsmuskulatur i den foreliggende studien. Økt T_m i arbeidende muskler kan være en mulig årsak til høyere VO_{2peak} under prestasjonstest ved protokoll 1, sammenliknet med protokoll 2. Med bakgrunn i Koga et al. (1997) sin hypotese om at økt T_m vil øke oksygenopptaket, kan det være at O_2 -transporten går raskere etter en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster. Siden det ikke ble målt T_m i denne studien er det vanskelig å si om dette er en medvirkende årsak til de foreliggende funn. Videre har Vesterinen et al. (2009) rapportert en god korrelasjon mellom VO_{2peak} og prestasjonen gjennom fire

sprint heat. Dette støtter mistanken om at høy aerob kapasitet er viktig for å prestere på et høy nivå i sprint langrenn. Siden vi fant en høyere VO_{2peak} ved prestasjonstest i protokoll 1, enn protokoll 2, kan det være mulig at en enda mer reliabel test enn den som ble brukt i dette studiet ville fanget opp en eventuell forskjell i prestasjon etter en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster. Distansen som ble brukt i studiet til Vesterinen et al. (2009) var 850m, noe som samsvarer godt med distansen som ble gått i den foreliggende studien.

Videre viste resultatene at $VO_{2 hvile}$ var signifikant høyere etter en oppvarmingsprotokoll med løping som bevegelsesmønster, enn etter oppvarming på rulleski (tabell 4.3). VO_2 målt under oppvarming, ved arbeidsbelastning på 55% og 65% av VO_{2maks} , var tilnærmet lik ved begge bevegelsesformer. Det er nærliggende å tro at denne forskjellen i $VO_{2 hvile}$ skyldes høyere aktivitet gjennom hele pausen mellom oppvarming og test ved protokoll 2, siden FP måtte skifte fra løpesko til skisko på kort tid. Gjennom hele pausen ved protokoll 1 forholdt FP seg derimot i ro, dermed er det naturlig at $VO_{2 hvile}$ måles til å være lavere her.

5.3.2 Blodlaktat

Resultatene fra denne studien viste at $[La^-]_{bl}$ hadde økt signifikant fra $[La^-]_{bl hvile}$ til etter avsluttet oppvarming ($[La^-]_{bl 20}$ og $[La^-]_{bl 24}$), samt at $[La^-]_{bl}$ var signifikant høyere etter avsluttet oppvarming på rulleski, sammenliknet med løping. Videre viste resultatene at $[La^-]_{bl}$ var tilnærmet lik etter avsluttet prestasjonstest (figur 4.1, tabell 4.3), noe som betyr at økningen i $[La^-]_{bl}$ må ha vært noe mindre under prestasjonstest ved protokoll 1 enn 2, siden $[La^-]_{bl}$ var høyere etter oppvarming ved protokoll 1. Det er mulig at fysiologiske variabler som $[La^-]_{bl}$ vil være høyere ved de samme submaksimale arbeidsintensiteter på rulleski, sammenliknet med det som tradisjonelt har blitt observert i løping. Noe av årsaken til de observerte høyere $[La^-]_{bl}$ etter submaksimalt arbeid på rulleski, enn ved løping, kan være et mer sammensatt bevegelsesmønster som inkluderer helkroppsarbeid på rulleski, dermed kan det være at arbeidsøkonomi og utnyttingsgraden er dårligere, og at bidraget fra de anaerobe prosesser til det totale energibehovet derfor starter på en lavere % av VO_{2maks} . Dette støttes av blant annet Rundell (1996) som har rapportert en høyere $[La^-]_{bl}$ ved anaerob terskel på en rulleskitest, sammenliknet med en løpstest på tredemølle. Det er mulig at AT nås på ved en lavere % av VO_{2maks} når rulleski blir brukt som bevegelsesmønster, og at dette kan

være noe av årsaken til at det ble funnet en høyere $[La^-]_{bl}$ etter endt oppvarming på rulleski i dette arbeidet. Denne signifikante forskjellen i $[La^-]_{bl}$ ved submaksimale arbeidsbelastninger mellom løping og rulleski, funnet i denne studien, støttes av resultatene fra noen tidligere studier som har rapportert at HF og $[La^-]_{bl}$ var signifikant høyere ved en rulleskitest sammenliknet med en løpstest (Rundell, 1996; Vergès et al., 2003). Ut i fra dette kan det i noen grad se ut til at verdiene fra fysiologiske variabler målt ved rulleskigåing avviker noe fra det som tradisjonelt har blitt observert ved løping som arbeidsform, noe som bl. a har blitt vist av resultatene fra denne studien. Det kan også spekuleres i om tekniske elementer ved skøyting på rulleski kan være en annen årsak til denne forskjellen i $[La^-]_{bl}$ og som Rundell (1996) foreslår, er det mulig at mer spesifikk trening på rulleski kan utjevne denne målte forskjellen i $[La^-]_{bl}$.

5.3.3 Hjerterefrekvens

Resultatene viste at HF var signifikant lavere ved arbeidsbelastning på 65% av VO_{2maks} gjennom oppvarmingsprotokoll 2, sammenliknet med protokoll 1 (tabell 4.4), mens HF_{hvile} og HF_{peak} var tilnærmet lik for begge protokollene. HF_{hvile} var noe høyere (NS) i starten av målingene for protokoll 2 (figur 4.4). Dette kan skyldes at FP gjennomførte et skobytt etter avsluttet oppvarming, og at det dermed var noe mer aktivitet i pausen ved protokoll 2, sammenliknet med protokoll 1. Det er mulig at denne forskjellen i HF ved 65% av VO_{2maks} kan skyldes at fysiologiske variabler som blant annet HF er forskjellige ved rulleskigåing, sammenliknet med det som vanligvis blir sett når løping brukes som bevegelsesmønster. Dermed kan denne forskjellen i HF ved arbeidsbelastning på 65% av VO_{2maks} målt under protokoll 1 sees i sammenheng med den signifikant høyere $[La^-]_{bl}$ målt etter oppvarmingsprotokoll 1, noe som igjen støtter påstanden om at verdiene fra en del fysiologiske parametere er høyere ved submaksimale arbeidsbelastninger på rulleski enn ved løping. Denne antagelsen støttes av Vergès et al. (2003) som har rapportert at ved samme HF-verdi var $[La^-]_{bl}$ høyere ved en rulleskitest enn en løpstest. Det kan spekuleres i om denne forskjellen kommer av bruk av en større muskelmasse og flere tekniske elementer ved rulleskigåing, sammenliknet med løping. Noe som igjen støtter Rundell (1996) utsagn om at det kreves mer spesifikk trening for å utjevne forskjellene ved ulike fysiologiske parametere ved submaksimale arbeidsbelastninger.

Prestasjonen i langrenn bestemmes av ulike faktorer som for eksempel VO_{2maks} , utnyttingsgrad og arbeidsøkonomi (Sandbakk et al., 2011; Vesterinen et al., 2009). Med bakgrunn i det som er nevnt i avsnittene ovenfor kan det tenkes at dårligere arbeidsøkonomi og muligens utnyttingsgrad på rulleski, grunnet flere tekniske elementer og et mer sammensatt bevegelsesmønster med helkroppsarbeid i skøyting. Det er mulig disse faktorene kan være med på å medvirke til at HF og $[La^-]_{bl}$ var høyere under oppvarming på rulleski sammenliknet med oppvarming i løping. Dette kan tyde på, som Rundell (1996) nevner, at mer spesifikk trening kan utjevne forskjellene ved fysiologiske målinger mellom løping og rulleski. Samtidig som noe av årsaken til høyere HF og $[La^-]_{bl}$ målt på rulleski kan skyldes at de anaerobe prosesser bidrar til en større mengde av det totale energibehovet ved en lavere % av VO_{2maks} enn ved løping grunnet annen muskelbruk og et større bidrag fra små muskelgrupper i overkroppen som noen ganger gjør et stort arbeid gitt som % av VO_{2maks} overkropp. Dette vil kunne medføre at bevegelsesspesifikk testing er nødvendig for å komme frem til idrettsspesifikk og adekvat intensitetsskala ved trening i for eksempel langrenn.

Det bør nevnes at seks av ti FP brukte kortere tid på prestasjonstesten etter oppvarmingsprotokoll 2, sammenliknet med etter protokoll 1. Dette kan tyde på at det var en tendens til forskjeller i prestasjon, men at metoden som ble valgt i dette studiet muligens ikke var sensitiv nok til å greie å fange opp en av de individuelle forskjellene fra prestasjonstesten. Det kan tenkes at høyere $[La^-]_{bl}$ etter protokoll 1, sammenliknet med 2, kunne ha ført til en reduksjon i prestasjon, men at den valgte metoden er noe unøyaktig. Det kunne vært interessant å gjennomført det foreliggende arbeidet på et større utvalg, med bedre trente utøvere, som elite sprintløpere i langrenn og med en metode for å måle prestasjonsevnen som var enda mer sensitiv. Blant eliteutøvere vil marginen for å prestere på topp være mindre, og forskjeller som er diskutert i denne oppgaven kan muligens komme tydeligere frem. Det er også mulig at bedre trente utøvere ville vist å ha en mindre forskjell i de nevnte fysiologiske parameterne da det er rimelig å anta at disse utøverne har et større innslag av spesifikk trening i sitt treningsarbeide.

5.4 Oppnådd VO_{2maks} i løping og på rulleski (skøyting)

VO_{2maks} -testene i løping og rulleski ble gjennomført i forkant av hovedtestene, og ble brukt til å beregne arbeidsbelastning for hver bevegelsesform i oppvarmingsprotokoll 1 og 2, og som en indikator for den adekvate utholdenheten til FP som blant annet ble benyttet til inklusjonskriterium. Resultatene i denne studien viste signifikant høyere VO_{2maks} i løping, sammenliknet med rulleski, skøyting. Det er tidligere antydnet at det er en større muskelmasse i aktivitet ved løping i motbakke, sammenliknet med sykling eller løping på horisontalt underlag. Ved skøyting på rulleski var det en betydelig større muskelmasse i aktivitet enn ved løping, dermed var denne forklaringen lite trolig ved sammenlikning av disse to bevegelsesmønstrene. Derimot kan det spekuleres i om årsaken til denne forskjellen kan skyldes tekniske elementer ved skøyting på rulleski som kan gi noe av grunnen til denne forskjellen i VO_{2maks} som ble funnet i denne studien. Resultatene fra det foreliggende arbeidet samsvarer med tidligere forskning (Fabre et al., 2008; Rundell, 1996; Åstrand & Saltin, 1961). Rundell (1996) rapportert høyere VO_{2maks} i løping på tredemølle enn på rulleski (skøyting) (henholdsvis $69,2 \pm 4,7$ og $65,2 \pm 5,2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$), noe som er i tråd med resultatene fra det foreliggende arbeidet. Videre har Åstrand & Saltin (1961) har rapportert 5% høyere VO_{2maks} ved løping i motbakke, sammenliknet med andre bevegelsesformer som sykling, løping på horisontalt underlag og liknende. Resultatet til Åstrand & Saltin (1961) viste også en tendens til lavere VO_{2maks} ved langrenn, klassisk ($4,48 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$), enn ved løping ($4,69 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$). Det bør nevnes at utvalget i dette arbeidet var noe begrenset ($n = 7$, 5 menn, 2 kvinner), og at studien er over 50 år gammel. Dermed bør resultatene vurderes med noe forsiktighet mot tilsvarende data fra dagens elite idrettsutøvere. Rundell (1996) har foreslått at lite spesifikk trening kan føre til lavere oppnådd VO_{2maks} ved rulleskitest, enn ved løpstest. Det er mulig at dette er en annen medvirkende forklaring på forskjellen i oppnådd VO_{2maks} mellom rulleskitest og løpstest. Det kan være at mer spesifikk trening av overkroppsmuskulatur kan føre til høyere VO_{2maks} ved rulleskigåing, og dermed bør dette vektlegges i større grad i treningsarbeidet (Mahood, Kenefick, Kertzer, & Quinn, 2000). Det er grunn til å tro at forskjellen er mindre for eliteutøvere enn hos utøvere på lavere nivå. Siden utøverne i denne studien var på tilnærmet samme nivå ville slike forskjeller lite sannsynlig ikke blitt målt eller registrert i dette arbeidet.

Videre viste resultatene fra dette arbeidet at det var god korrelasjon mellom VO_{2maks} -test i løping og på rulleski (figur 4.6). Dette stemmer godt overens med tidligere funn, der det er vist god korrelasjon mellom VO_{2maks} -test i løping på tredemølle og rulleskitest (Fabre et al., 2008). Dermed ser det ut til at de FP som oppnådde høye verdier under VO_{2maks} -test på også oppnådde høye verdier ved VO_{2maks} -test i løping. Samtidig viste resultatene at det var god korrelasjon mellom VO_{2maks} på rulleski og tiden brukt på 800m prestasjonstest (figur 4.2). Det indikerer at god aerob kapasitet var en av flere viktige faktorer for å prestere godt på 800m-test på rulleski. Dette synet støttes blant annet av Sandbakk et al. (2010b) som har rapportert at aerob kapasitet er en av flere viktige faktorer for å prestere godt i sprint i langrenn.

5.4.1 Forskjeller i VO_{2maks} mellom langrennsløpere og skiskyttere

Noe på siden, men likevel et interessant funn i denne studien er at langrennsløperne oppnådde høyere VO_{2maks} på rulleski, sammenliknet med skiskyttere. Med bakgrunn i Rundell (1996) sitt utsagn om at mer spesifikk trening vil øke VO_{2maks} på rulleski, var resultatet noe uventet siden skøyting er skiskytternes spesialteknikk. Det bør legges til at det bare var 5 langrennsløpere og 5 skiskytter som deltok i studien og dermed vil grunnlaget for sammenlikning være noe tynt. Det er så vidt forfatteren bekjent ingen som tidligere har sammenliknet VO_{2maks} mellom langrennsløpere og skiskyttere, derfor kan det bare spekuleres i hva årsaken til denne signifikante forskjellen kan være. Det ble ikke sett noen forskjell (NS) i HF_{maks} mellom langrennsløpere og skiskyttere, verken i løping eller under rulleskitesten, dermed kan ikke dette være med på å forklare at skiskytterne oppnådde lavere VO_{2maks} enn langrennsløperne. Det er mulig at treningsgrunnlag eller tekniske elementer kan være andre faktorer som spiller inn på resultatene i VO_{2maks} -testene. Det kan være at langrennsløpere bruker mer tid i treningsarbeidet til å forbedre tekniske elementer ved skøyting, noe som muligens kan gjøre at de oppnår høyere VO_{2maks} under rulleskitesten. En annen årsak kan være at langrennsløpere muligens trener mer klassisk teknikk der det er mye staking og mer spesifikk trening av overkroppsmuskulatur, noe som kan føre til høyere VO_{2maks} ved helkroppsarbeid som rulleski, skøyting (Mahood et al., 2000; Rundell, 1996). Dette blir bare spekulasjoner, og for å kartlegge årsakene til eventuelle forskjeller i oppnådd VO_{2maks} på rulleski (skøyting) mellom langrennsløpere og skiskyttere kreves det videre forskning med et større utvalg, der ulike faktorer, som blant annet blodvolum, blir målt.

5.5 Praktisk betydning av studiet

Dette forsøket ble utført med tanke på å bidra til å optimalisere prestasjonen i langrennssprint ytterligere. Det finnes en grense for hvor mange detaljer man skal legge vekt på i forberedelsene til en sprintkonkurranse, og mest sannsynlig er det viktig for hver utøver å finne noen rutiner som blir fulgt før konkurranse. Ved noen større renn der det for eksempel er lite snø utenfor løypene vil muligens en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster, altså på ski, være vanskelig å gjennomføre. Da kan det være en trygghet for utøverne å vite et en slik oppvarming ikke er avgjørende for prestasjonen.

6 Konklusjon

Resultatene fra den foreliggende studien viste at det ikke var noen forbedring i tiden brukt på 800m-testene etter en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster, sammenliknet med en generell oppvarming med løping som bevegelsesmønster. Videre viste resultatene at fysiologiske parameter som HF og $[La^-]_{bl}$, var signifikant høyere etter oppvarming på rulleski, sammenliknet med oppvarming i løping, mens VO_2 var tilnærmet lik ved begge oppvarmingsprotokollene. Videre ble det funnet at VO_{2peak} var signifikant høyere under 800m-test etter oppvarming der rulleski ble brukt som bevegelsesmønster.

Det foreliggende resultatet viste at en spesifikk oppvarming i forkant av en langrennssprint ikke vil påvirke prestasjonen i noen vesentlig grad, sammenliknet med en generell oppvarming der løping blir brukt som bevegelsesmønster. Videre bekrefter resultatene fra dette arbeidet tidligere antagelser om at noen fysiologiske parameter oppnår høyere verdi ved submaksimale belastninger når rulleski blir brukt som bevegelsesmetode, sammenliknet med det som tradisjonelt har blitt sett ved løping. Det kan være at en spesifikk oppvarming fører til høyere T_m i arbeidende muskler, da spesielt i overkroppsmuskulatur, og at dette er årsaken til høyere VO_{2peak} under 800m test etter en spesifikk oppvarming. Det er videre fortsatt et åpent spørsmål om en kombinasjon av oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster og spesifikk arbeidsintensitet ville ført til en forbedring i prestasjon med tanke på sprint i langrenn. For å belyse om dette vil gi en mulig effekt bør det gjennomføres flere forsøk som har denne problemstillingen som hovedtema.

Referanser

- Ainegren, M., Carlsson, P., & Tinnsten, M. (2008). Rolling resistance for treadmill roller skiing. *Sports Engineering, 11*(1), 23-29. doi: 10.1007/s12283-008-0004-1
- Andersson, E., Supej, M., Sandbakk, Ø., Sperlich, B., Stöggl, T., & Holmberg, H.-C. (2010). Analysis of sprint cross-country skiing using a differential global navigation satellite system. *European Journal of Applied Physiology, 110*(3), 585-595. doi: 10.1007/s00421-010-1535-2
- Andzel, W. (1982). One mile run performance as a function of prior exercise. *Sports med Phys Fitness, 22*, 80-84.
- Bellardini, H., Henriksson, A., & Tonkonogi, M. (2009). *Tester och mätmetoder för idrott och hälsa* (1st ed.): SISU Idrottsböcker.
- Bergh, U., & Forsberg, A. (1992). Influence of body mass on cross-country ski racing performance. *Med Sci Sports Exerc, 24*(9), 1033-1039.
- Bishop, D. (2003a). Warm Up I: Potential Mechanisms and the Effects of Passive Warm Up on Exercise Performance. *Sports Medicine, 33*(6), 439-454.
- Bishop, D. (2003b). Warm Up II: Performance Changes Following Active Warm Up and How to Structure the Warm Up. *Sports Medicine, 33*(7), 483-498.
- Bishop, D., Bonetti, D., & Dawson, B. (2001). The influence of three different warmup intensities on sprint kayak performance in trained athletes. *Med Sci Sports Exerc, 33*(6), 1026-1032.

- Bishop, D., Bonnetti, D., & Spencer, M. (2003). The effect of an intermittent, high-intensity warm-up on supramaximal kayak ergometer performance. *J Sports Sci*, *21*, 13-20.
- Bishop, D., & Maxwell, N. S. (2009). Effects of active warm up on thermoregulation and intermittent-sprint performance in hot conditions. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *12*(1), 196-204. doi: 10.1016/j.jsams.2007.05.013
- Borch, K., Injger, F., Larsen, S., & Tomten, S. (1993). Rate of accumulation of blood lactate during graded exercise as a predictor of 'anaerobic threshold'. *Journal of Sport Science*, *11*(1), 49-55.
- Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*: Human Kinetics.
- Bourne, G. (1992). The physiological basis of the warm up. *Modern Athlete and coach*, 36-38.
- Brown, P., Hughes, M., & Tong, R. (2008). The Effect of warm up on high-intensity, intermittent running using nonmotorized treadmill ergometry, *Journal of strength and conditioning research* *22*(3), 801.
- Dahl, H. A. (2008). *Mest om muskel* Oslo: Cappelen Damm As.
- DeBruyn-Prevost, P. (1980). The effects of various warming up intensities and durations upon some physiological variables during an exercise corresponding to the WC170. *Eur J Appl Physiol Occuo Physiol*, *43*, 93-100.
- DeBruyn-Prevost, P., & Lefebvre, F. (1980). The effects of various warming up intensities and durations during a short maximal anaerobic exercise. *Eur J Appl Physiol Occuo Physiol*, *43*, 101- 107.

- Fabre, N., Passelergue, P., Bouvard, M., & Perrey, S. (2008). Comparison of heart rate deflection and ventilatory threshold during a field cross-country roller-skiing test. *National Strength and conditioning association journal*, 22(6), 1977-1984.
- FIS, I. S. F. (2008). International ski competition rules. from http://www.fis-ski.com/data/document/icr_cc_2008.pdf
- Gastin, P. B. (2001). Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise. *Sports Medicine*, 31(10), 725-741.
- Genovely, H., & Stamford, B. (1982). Effects of prolonged warm-up exercise above and below anaerobic threshold on maximal performance. . *Eur J Appl Physiol Occuo Physiol*, 48(3), 323 - 330.
- Gerbino, A., Ward, S., & Whipp, B. (1996). Effects of prior exercise on pulmonary gas-exchange kinetics during high-intensity exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 80(1), 99-107.
- Gregson, W. W., Drust, B. B., Batterham, A. A., & Cable, N. N. (2002). The effects of pre-warming on the metabolic and thermoregulatory responses to prolonged submaximal exercise in moderate ambient temperatures. *European Journal of Applied Physiology*, 86(6), 526-533. doi: 10.1007/s00421-002-0580-x
- Hedrick, A. (1992). Physical responses to warm up. *National Strength and conditioning association journal*, 14(5), 25- 27.
- Hermansen, L. (1969). Anaerobic energy release. *Medicine and Science in Sports*, 1(1), 32-38. doi: 00005756-196903000-00008
- Hermansen, L., & Saltin, B. (1969). Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. *Journal of Applied Physiology*, 26(1), 31-37.

- Inbar, O., & Bar-Or, O. (1975). The effects of intermittent warm up on 7- to 9- year old boys. *Eur J Appl Physiol Occuo Physiol*, 34, 81-89.
- Ingjer, F., & Strømme, S. B. (1979). Effects of active, passive or no warm up on the physiological response to heavy exercise. . *Eur. J. Appl. Physiol*, 40, 273 - 282.
- Jones, A. M., Koppo, K., & Burnley, M. (2003). Effects of Prior Exercise on Metabolic and Gas Exchange Responses to Exercise. *Sports Medicine*, 33(13), 949-971.
- Karlsson, J., Diamant, B., & Saltin, B. (1971). Muscle metabolites during submaximal and maximal exercise in man. *Scand. J. clin. Lab*, 26, 385-394.
- Koga, S., Shiojiri, T., Kondo, N., & Barstow, T. J. (1997). Effect of increased muscle temperature on oxygen uptake kinetics during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 83(4), 1333-1338.
- Koppo, K., & Bouckaert, J. (2002). The decrease in the VO₂ slow component induced by prior exercise does not affect the time to exhaustion. . *Int Journal of sports medicine*, 23, 262-267.
- Kvamme, B., Jakobsen, V., Hetland, S., & Smith, G. (2005). Ski skating technique and physiological responses across slopes and speeds. *European Journal of Applied Physiology*, 95(2), 205-212. doi: 10.1007/s00421-005-1332-5
- Losnegard, T., Mykklebust, H., & Hallén, J. (2011). Energy system contribution as a determinant of performance in elite skiers. *Med Sci Sports Exerc*, epub ahead of print.
- Mahood, N. V., Kenefick, R. W., Kertzer, R., & Quinn, T. J. (2000). Physiological determinants of cross-country ski racing performance. *Med Sci Sports Exerc*, 3(8), 1379-1384. doi: 00005768-200108000-00020

- McArdle, W. D., Katch, F. L., & Katch, V. L. (2001). *Exercise Physiology: Energy, nutrition, and human performance* (Vol. fifth edition). Pennsylvania: Lippincott Williams & Wilkins.
- 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.
- Michalsik, L., & Bangsbo, J. (2002). *Aerob og anaerob træning* (Vol. 1): Danmarks Idræts-Forbund.
- Mikkola, J., Laaksonen, M., Holmberg, H.-C., Vesterinen, V., & Nummela, A. (2010). Determinants of a simulated cross-country skiing sprint competition using V2 skating technique on roller skis. *Journal of strength and conditioning research*, *24*(4), 920-928.
- Mitchell, J., & Huston, J. (1993). The effect of high- and low-intensity warm-up on the physiological responses to a standardized swim and tethered swimming performance. *J Sports Sci*, *11*(2), 159-165.
- Nilsson, J., Tveit, P., & Eikrehagen, O. (2004). Effects of speed on temporal patterns in classical style and freestyle cross-country skiing. *Sports Biomechanics*, *3*(1), 85-108. doi: 10.1080/14763140408522832
- Noordhof, D. A., de Koning, J. J., & Foster, C. (2010). The Maximal Accumulated Oxygen Deficit Method: A Valid and Reliable Measure of Anaerobic Capacity? *Sports Medicine*, *40*(4), 285-302 210.2165/11530390-000000000-000000000.
- Rundell, K. W. (1995). Treadmill roller ski test predicts biathlon roller ski race results of elite U.S. biatholn women. *Med Sci Sports Exerc*, *27*(12), 1677-1685.

- Rundell, K. W. (1996). Differences between treadmill running and treadmill roller skiing. *National Strength and conditioning association journal*, 10(3), 167-172.
- Saltin, B., Gagge, A., & Stolwijk, J. (1968). Muscle temperature during submaximal exercise in man. *Journal of Applied Physiology*, 25(6), 679-688.
- Saltin, B., & Hermansen, L. (1966). Esophageal, rectal, and muscle temperature during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 21(6), 1757-1762.
- Sand, O., Sjaastad, Ø., & Haug, E. (2001). *Menneskets fysiologi*: Gyldendahl Norsk Forlag.
- Sandbakk, Ø., Boye, W., & Holmberg, H.-C. (2011). Endurance Training and Sprint Performance in Elite Junior Cross-Country Skiers. *Journal of strength and conditioning research*, 25(5), 1299-1305. doi: 00124278-201105000-00016
- Sandbakk, Ø., Ettema, G., Leirdal, S., Jakobsen, V., & Holmberg, H.-C. (2010a). Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance. *European Journal of Applied Physiology*, 111(6), 947-957. doi: 10.1007/s00421-010-1719-9
- Sandbakk, Ø., Holmberg, H.-C., Leirdal, S., & Ettema, G. (2010b). The physiology of world-class sprint skiers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21, e9-e16. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01117.x
- Sandbakk, Ø., Holmberg, H.-C., Leirdal, S., & Ettema, G. (2010c). 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

- Sawka, M., Miles, D., Petrofsky, J., Wilde, S., & Glaser, R. (1982). Ventilation and acid-base equilibrium for upper body and lower body exercise. *Aviat Space Environ Med*, 53(4), 354-359.
- Stewart, I., & Sleivert, G. (1998). The effect of warm up intensity on range of motion anaerobic performance. *J Orthop Sports Phys Ther*, 27(2), 154-161.
- Stöggl, T., Lindinger, S., & Müller, E. (2007). Analysis of a simulated sprint competition in classical cross country skiing. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(4), 362-372. doi: 10.1111/j.1600-0838.2006.00589.x
- Vergès, S., Flore, P., & Favre-Juvin, A. (2003). Blood Lactate Concentration/Heart Rate Relationship: Laboratory Running Test vs. Field Roller Skiing Test. *Int Journal of sports medicine*, 24(6), 446-451. doi: 10.1055/s-2003-41176
- Vesterinen, V., Mikkola, J., Nummela, A., Hynynen, E., & Häkkinen, K. (2009). Fatigue in a simulated cross-country skiing sprint competition. *Journal of Sports Sciences*, 27(10), 1069-1077. doi: 10.1080/02640410903081860
- Åstrand, P.-O., Dahl, H. A., Rodahl, K., & Strømme, S. B. (2003). *Textbook of Work Physiology; Physiology Bases of exercise* (Fourth ed.): Human Kinetics.
- Åstrand, P.-O., & Saltin, B. (1961). Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. *Journal of Applied Physiology*, 16(6), 977-981.

Tabelloversikt

Tabell 3.1: Antropometriske mål (alder, høyde og vekt) og VO_2 for alle FP.	30
Tabell 4.1: Tabellen viser tiden (sek) på prestasjonstestene etter protokoll 1(rulleski) og 2 (løp). Tallene er presentert som gjennomsnitt \pm 1SD.	43
Tabell 4.2: Oversikt over $[La^-]_{bl}$ ($mmol \cdot l^{-1}$) målt ved ulike tidspunkter gjennom oppvarmingsprotokoll 1 og 2. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt \pm SD. * Markerer at $[La^-]_{bl 24}$ og $[La^-]_{bl 20}$ er signifikant forskjellig fra $[La^-]_{bl hvile}$ ($p < 0,01$)- # Markerer at $[La^-]_{bl 24}$ er signifikant forskjellig fra $[La^-]_{bl 20}$ ($p < 0,01$). \$ Markerer signifikant forskjell mellom protokoll 1 og 2 ($p < 0,05$).	43
Tabell 4.3: Oversikt over VO_2 ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) målt ved ulike arbeidsbelastninger underveis i oppvarmingsprotokoll 1 (rulleski) og 2 (løp), samt under 800m prestasjonstest (VO_{2peak}). Verdiene er gjennomsnitt \pm 1SD ($p < 0,05$). * Markerer signifikant forskjell mellom protokoll 1 og 2 ($p < 0,01$).	45
Tabell 4.4: Oversikt over HF ($slag \cdot min^{-1}$) målt ved ulike arbeidsbelastninger gjennom oppvarmingsprotokoll 1 (rulleski) og 2 (løp), samt HF fra siste del av 800m prestasjonstest (HF_{peak}). Verdiene er gjennomsnitt \pm SD for hvert målepunkt. * Markerer signifikant forskjell mellom protokoll 1 og 2 ($p < 0,05$).	46

Figuroversikt

Figur 2.1: Illustrerer forandring i muskel- og kroppstemperatur under oppvarming. Muskeltemperaturen når et platå etter ca 10 minutter, mens kroppstemperaturen stiger jevnt under hele oppvarmingen. Figuren er gjengitt fra "Aerob og anaerob trening" s. 137 (Michalsik & Bangsbo, 2002).	12
Figur 2.2: Viser forholdet mellom aerob og anaerob energifrigjøring i % under de første 150 sek av en 600m prestasjonstest på rulleski (Losnegard et al., 2011).	23

Figur 2.3: En illustrasjon av de ulike teknikkene i skøyting, V1 (padling), V2 (dobbeldans) og V3 (enkeldans). Bildet er gjengitt fra Andersson et al. (2010).	25
Figur 3.1: Skjematisk fremstilling av studiedesignet. Rekkefølgen på dag 3 og dag 4 var randomisert.	31
Figur 3.2: Viser at VO_2 når "steady state" ca 2min ut i hver arbeidsperiode ved en laktatprofiltest på rulleski.	37
Figur 3.3: Viser at HF når "steady state" ca 2min ut i hver arbeidsperiode ved en laktatprofiltest på rulleski.	37
Figur 3.4: Viser en skjematisk fremstilling av oppsettet for testingen. Testoppsettet var lik for begge oppvarmingsprotokollene. HF og SpO_2 ble målt kontinuerlig fra oppvarmingen startet til testen var over. VO_2 ble målt fra 3 til 4 minutt og fra 12 til 15 minutter under oppvarmingen, og fra to minutter før start på 800meter-test til testen var slutt.	40
Figur 3.5: Viser forholdet mellom hastighet ($km \cdot t^{-1}$) og VO_2 ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$) ved en submaksimal laktatprofiltest for FP X.	41
Figur 4.1: Viser $[La^-]_{bl}$ ($mmol \cdot l^{-1}$) målt ved ulike tidspunkt gjennom hver oppvarmingsprotokoll. *markerer signifikant forskjell mellom protokoll 1 (rulleski) og 2 (løp) ($p < 0,05$).	44
Figur 4.2: Viser sammenhengen mellom VO_{2maks} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) oppnådd på rulleski og tiden (sek) brukt på prestasjonstestene etter oppvarmingsprotokoll 1 og 2.	45
Figur 4.3: HF ($slag \cdot min^{-1}$) målt ved to ulike arbeidsbelastninger under oppvarmingsprotokoll 1 og 2. Første arbeidsbelastning er 55% av VO_{2maks} , andre arbeidsbelastning er 65% av VO_{2maks} . Verdiene er gjennomsnittet av målingene hvert 5.sek under hver protokoll. N = 9 for protokoll 1.	47
Figur 4.4: HF ($slag \cdot min^{-1}$) målt fra to min før start på 800m-testene og gjennom begge testene etter oppvarmingsprotokoll 1 og 2. 0 sek på tidsaksen markerer start på 800m-test. Verdiene er gjennomsnitt for alle FP, målt hvert 5. sek under hele testen. N = 9 for protokoll 1.	47

Figur 4.5: VO_{2maks} oppnådd i løping var signifikant høyere ($p < 0,05$) sammenliknet med rulleski. Verdiene er gjennomsnitt \pm SD for alle FP. *indikerer at VO_{2maks} i løping var signifikant forskjellig fra rulleski ($p < 0,05$).	48
Figur 4.6: Resultatene viser sammenhengen mellom VO_{2maks} målt ved en test i løping og en test på rulleski ($r = 0,83$).	48
Figur 4.7: A: VO_{2maks} angitt som $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ i løping og på rulleski for langrennsløpere ($n = 5$) og skiskytter ($n = 5$). B: VO_{2maks} angitt som $ml \cdot min^{-1}$ i løping og på rulleski for langrennsløpere og skiskyttere. *Indikerer at skiskyttere har signifikant lavere VO_{2maks} på rulleski sammenliknet med langrennsløpere ($p < 0,05$). #Markerer at skiskytterne har tendens til lavere VO_{2maks} på rulleski sammenliknet med løp ($p = 0,06$). Verdier er gjennomsnitt \pm SD.	49

Vedlegg

1. Søknad til Regional Etisk komite
2. Godkjenning fra Regional etisk komite
3. Forespørsel om deltagelse i forskningsprosjekt – informasjonsskriv med samtykkeerklæring

Prosjektsøknad Skjema for søknad om godkjenning av forskningsprosjekt i de regionale komiteer for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK)

Dokument-id: 189480 Dokument mottatt 15.06.2011

Effekten av ulike oppvarmingsprotokoller på en prestasjon

1. Generelle opplysninger

a. Prosjekttittel
Effekten av ulike oppvarmingsprotokoller på en prestasjon

b. Prosjektleder
Navn: Frank Ingjer
Akademisk grad: PhD
Stilling: Professor
Hovedarbeidssted: Norges idrettshøgskole
Arbeidsadresse: Pb 4014 Ullevållstadion Sognsveien 220
Postnummer: 0806
Sted: Oslo
Telefon: 23262314
Mobiltelefon: 90100407
E-post adresse: jenniindby@hotmail.com

c. Forskningsansvarlig
1. Forskningsansvarlig
Institusjon: Norges idrettshøgskole
Kontaktperson: Hans Tranekjer Andresen
Stilling: Avdelingsleder
Telefon: 23262032
Mobiltelefon: 95461290
E-post adresse: hans.andresen@nih.no

d. Andre prosjektopplysninger

Initiativtaker til prosjektet er prosjektleder eller forskningsansvarlig (bidragsforskning)

Utdanningsprosjekt/doktorgradsprosjekt Master i fysiologi, Master

e. Prosjektmedarbeidere**1. Prosjektmedarbeider**

Navn: Martin Skaugen

Stilling: Masterstudent

Institusjon: Norges idrettshøgskole

Akademisk rolle: Bachelorgrad

Prosjektrolle: Masterstudent

2. Prosjektmedarbeider

Navn: Dag Aalvik

Stilling: Masterstudent

Institusjon: Norges idrettshøgskole

Akademisk rolle: Bachelorgrad

Prosjektrolle: Masterstudent

3. Prosjektmedarbeider

Navn: Jenni Hesselberg Indby

Stilling: Masterstudent

Institusjon: Norges idrettshøgskole

Akademisk rolle: Bachelorgrad

Prosjektrolle: Masterstudent

2. Prosjektopplysninger**a. Formål****Prosjektleders prosjektbeskrivelse**

Prosjektet har til hensikt å studere effekten av forskjellige oppvarmingsprotokoller (ingen, aktiv og spesifikk) på en maksimal prestasjonstest. Aktiv oppvarming vil på den ene siden være prestasjonsfremmede, mens det samtidig kan påføre tretthet og forbruk av muskelglykogen. Prosjektet vil inkludere 60 kvinnelige/mannelige utholdenhetsrente FP, fordelt på 3 ulike forsøk. Del A har til hensikt å se om spesifikt bevegelsesmønster under oppvarming vil påvirke prestasjonen ved en prestasjonstest i skøyting på rulleskimølle. Del B har til hensikt å studere effekten av ingen og aktiv oppvarming på prestasjon i sprint under hypobare forhold (simulert 2000 moh i et lavtrykkskammer). Del C har til hensikt å undersøke effekten av ulike oppvarmingsprotokoller i forkant av en prestasjonstest. Undersøkelsene vil måle prestasjonsevnen (tid til utmattelse) og fysiologiske parametere (HF, VO₂, SPO₂, La-, R, V). Forsøkene gjennomføres på ulike dager med sin spesifikke oppvarmingsprotokoll

b. Forskningsdata**Humant biologisk materiale**

Materialet skal destrueres umiddelbart etter analyse

c. Forskningsmetode**Statistiske (kvantitative) analysemetoder****Begrunnelse for valg av data og metode**

Forsøkspersonene gjennomfører eksperimentet i et randomisert kontrollert studie. Parret t-test for avhengige grupper vil bli benyttet til statistiske beregninger. Signifikans nivå $p < 0,05$. Wilcoxon test benyttes dersom datamaterialet ikke er normal fordelt.

d. Utvalg**Allmennbefolkning****e. Antall forskningsdeltakere****Antall forskningsdeltakere i Norge 60**

20 forsøkspersoner til hvert delforsøk vil være tilstrekkelige til å fange opp forskjeller av betydning.

3. Informasjon, samtykke og personvern**Samtykke innhentes for alle data****Spesifikt informert aktivt skriftlig samtykke****Beskrivelse av rekrutteringsprosedyre**

Rekrutteringen vil skje ved forespørsel ved ulike idrettslag. Disse løperene holder nasjonalt nivå i sine respektive idretter, noe som er en fordel for gjennomførbarheten av testene. Ved interesse vil forsøkspersonene få tildelt et informasjonsskriv (se vedlegg), som de må lese og skrive under før de eventuelt tas med i prosjektet. her er det blant annet opplyst om mulige risikoer ved deltagelse i prosjektet. Det blir opplyst om mulighet til å ta kontakt med en av prosjektlederene for mer informasjon. før selve forsøksdagen må forsøkspersonene inn til prøvetester der de også får utfyllende informasjon om deltakelse i prosjektet. Forsøkspersonen informeres om at de når som helst kan trekke seg fra prosjektet uten å måtte oppgi grunn. NiH har forsikring som dekker eventuelle uhell som kan skje under testing.

4. Forskningsetiske utfordringer ved prosjektet**a. Fordeler**

Den enkelte prosjektdeltaker

1. Den enkelte deltaker vil få nyttig informasjon om sin prestasjonsevne og ulike faktorer som har betydning for denne. Siden disse utøverne konkurrerer vil det være nyttig for dem. 2. Forsøkspersonen vil få kartlagt din fysiske form gjennom en laktatprofiltest med estimering av anaerob terskel, samt en måling av maksimalt oksygenopptak og maksimal hjerterefrekvens. 3. Studiet tilbyr veiledning i tolkning og bruk av testresultatene, noe som kan være nyttig for en idrettsutøver.

Grupper av personer

Idrettsutøvere

Idrettsutøvere generelt vil få informasjon om hvilke fysiologiske faktorer som er viktig for prestasjonsevnen i deres idrett

Øke den generelle kompetansen vår om hva som begrense fysisk prestasjonsevne og denne kunnskapen sammen med annen relevant forskning har nytte i alle grupper

Samfunnet

Det spesifikke prosjektet er på godt utholdenhetstrening idrettsutøvere. Imidlertid forsker vi ved Norges Idrettshøgskole på mange ulike grupper fra barn til eldre og ulike pasientgrupper som hjerte og lungesyke. Hos noen av disse gruppene brukes den fysiske prestasjonsevnen til å prestere i idrett, men for mange grupper vil daglige gjøremål utfordre prestasjonsevnen. Det gjeldende forsøket er ikke relevant for disse gruppene, men modellene vi bruker for å studere prestasjonsevnen er tilsvarende i de ulike gruppene. Den fysiologiske sammenhengen er også tilsvarende, men altså med begrensninger i ulike deler av fysiologien. Denne forskningen øker dermed den generelle kompetansen vår om hva som begrenser fysisk prestasjonsevne og denne kunnskapen sammen med annen relevant forskning har nytte i alle grupper.

Vitenskapen

Vi vil med denne forskningen undersøke hva som bestemmer den fysiske prestasjonsevnen. Viktig for å forstå i hvilke fysiologiske systemer prestasjonen begrenses generelt.

b. Ulemper

Den enkelte prosjektdeltaker

FP er hardt trenede utøvere som utsetter seg selv for store treningsdoser og høy arbeidsintensitet. De gjennomfører til tider testing i laboratoriet (ergospirometritester) og blodprøver (i samband med helsesejekk). I tillegg deltar de i utmattende konkurranser med varighet fra noen få minutter til flere timer. De bruker dessuten mye tid på trening og forberedelser. Dette forsøket representerer relativt liten ekstra belastning ut over det som disse utøverne utsetter seg for i det daglige. Ved maksimale belastninger er det en viss fare for fall på tredemøllen som kan medføre skrubbsår. Det skjer også at utøverne blir kvalme etter den utmattende belastningen.

c. Tiltak

Ved maksimale belastninger er det en viss fare for fall på tredemøllen. Dette kan medføre skrubbsår. For å

redusere faren for dette vil deltakerne være sikret med en sele som de blir hengende i ved fall.

d. Forsvarlighet

Dette forsøket representerer relativt liten ekstra belastning ut over det som disse utøverne utsetter seg for i det daglige. Ved maksimale belastninger er det en viss fare for fall på tredemøllen som kan medføre skrubbsår. Det skjer også at utøverne blir kvalme etter den utmattende belastningen. I sammenheng, med de belastningene utøverne utsetter seg for i det daglige og med de fordelene utøverne får delta i forsøket, anser vi ulempene som akseptable. Vi ser derfor ingen etiske betenkeligheter i å gjennomføre forsøket.

5. Sikkerhet, interesser og publisering

a. Personidentifiserbare opplysninger

Opplysninger som registreres i prosjektet er indirekte personidentifiserbare - Aidentifiserte

Koblingsnøkkelen oppbevares hos forskergruppen

Opplysninger som registreres i prosjektet er indirekte personidentifiserbare - Systematisk reidentifiserbare

Gjennom koblingsnøkkel

b. Internkontroll og sikkerhet

Personidentifiserbare opplysninger oppbevares:

Innelåst

Det vil i prinsipp ikke foreligge personidentifiserbare data uten at dataene kobles via koblingsnøkkelen. Koblingsnøkkelen vil bli oppbevart i låst skap. De aidentifiserte dataene vil være lagret på passordbeskyttet datamaskin.

c. Forsikringsdekning for deltakere

Særskilt forsikring

Forsikringsnummer 77282561 (Gjensidige)

d. Vurdering av andre instanser

Egen institusjon

e. Interesser**Finansieringskilder**

Prosjektet finansieres internt

Godtgjøring til institusjon

Ingen

Honorar prosjektleder/-medarbeidere

Ingen

Kompensasjon for forskningsdeltakere

ingen

Eventuelle interessekonflikter for prosjektleder/-medarbeidere

ingen

f. Publisering**Det er ikke restriksjoner med hensyn til offentliggjøring og publisering av resultatene fra prosjektet**

Resultatene skal i første omgang publiseres i en masteroppgave som etter godkjenning blir offentlig på vårt bibliotek og via våre nettsider. Resultatene skal også publiseres i en internasjonal fagfelleverdert forskningsjournal. Vi vil også eventuelt lage en populærfremstilling på norsk som blir publisert på våre nettsider eller i en egnet journal

h. Tidsramme

Prosjektstart 01.08.2011

Prosjektslutt 15.06.2012

Etter prosjektslutt skal datamaterialet anonymiseres

Etter at alle opplysningene er samlet inn fra deltakerne er det ingen grunn til å beholde koblingsnøkkelen og dataene kan anonymiseres. Det vil ikke være aktuelt å samle inn data mer enn ett år etter første test. Anonymiserte data vil imidlertid tas vare på i elektronisk form ved institusjonen for potensiell sammenligning med tilsvarende data vi måtte samle inn senere.

6. Vedlegg

#	Type	Filnavn	Lagt inn dato
1.	Skriv til forsøksperson - Del B	Skriv til forsøkspersonene - Del B.docx	14.06.11
2.	Forespørsel om deltakelse	Forespørsel om deltakelse - Del A.docx	14.06.11
3.	Skriv til forsøksperson - Del C	Skriv til forsøkspersonene - Del C.docx	14.06.11
4.	CV for prosjektleder	CV Frank.doc	14.06.11
5.	Forskningsprotokoll	Testprotokoll for del A, B og C.docx	10.06.11

7. Ansvarserklæring

Jeg erklærer at prosjektet vil bli gjennomført i henhold til gjeldende lover, forskrifter og retningslinjer

Jeg erklærer at prosjektet vil bli gjennomført i samsvar med opplysninger gitt i denne søknaden

Jeg erklærer at prosjektet vil bli gjennomført i samsvar med eventuelle vilkår for godkjenning gitt av REK eller andre instanser

Region:	Saksbehandler:	Telefon:	Vår dato:	Vår referanse:
REK sør-øst	Katrine Ore	22845517	23.09.2011	2011/1331/REK sør-øst B
			Deres dato:	Deres referanse:
			15.06.2011	

Vår referanse må oppgis ved alle henvendelser

Professor Frank Ingjer
Norges idrettshøgskole

2011/1331b Effekten av ulike oppvarmingsprotokoller på en prestasjon

Vi viser til søknad om forhåndsgodkjenning av ovennevnte forskningsprosjekt. Søknaden ble behandlet av Regional komité for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk i møtet 17.08.2011.

Forskningsansvarlig: Norges idrettshøgskole ved øverste ledelse
Prosjektleder: Frank Ingjer

Prosjektomtale (revidert av REK)

Prosjektet har til hensikt å studere effekten av forskjellige oppvarmingsprotokoller (ingen, aktiv og spesifikk) på en maksimal prestasjonstest. Prosjektet vil inkludere 60 kvinnelige og mannlige utholdenhetstrener forsøkspersoner, fordelt på 3 ulike forsøk. Del A har til hensikt å se om spesifikt bevegelsesmønster under oppvarming vil påvirke prestasjonen ved en prestasjonstest i skøyting på rulleskimølle. Del B har til hensikt å studere effekten av ingen og aktiv oppvarming på prestasjon i sprint under hypobare forhold (simulert 2000 moh i et lavtrykksskammer). Del C har til hensikt å undersøke effekten av ulike oppvarmingsprotokoller i forkant av en prestasjonstest. Undersøkelsene vil måle prestasjonsevnen (tid til utmattelse) og fysiologiske parametere (HF, VO₂, SPO₂, La-, R, V). Forsøkene gjennomføres på ulike dager med sin spesifikke oppvarmingsprotokoll.

Forskningsetisk vurdering

Prosjektet har som formål å teste ut effekten av ulike former for oppvarming på prestasjon. Slik prosjektet er utformet vil ikke prosjektet gi ny kunnskap om sykdom eller helse, og prosjektet faller derfor utenfor REKs mandat.

Vedtak

Prosjektet faller utenfor helseforskningslovens virkeområde, jf. helseforskningsloven § 2 sammenholdt med § 4 a) og er dermed ikke fremleggingspliktig. Prosjektet kan gjennomføres uten godkjenning fra REK.

Komiteens avgjørelse var enstemmig.

Vi gjør oppmerksom på at den forskningsansvarlige institusjon er ansvarlig for at personopplysningene behandles forsvarlig og lovlig i henhold til personopplysningsloven og personopplysningsforskriftens bestemmelser, og må derfor vurdere om prosjektet må forelegges personvernombud eller Datatilsynet.

Besøksadresse:
Gullhaug torg 4 A, Nydalen,
0484 Oslo

Telefon: 22845511
E-post:
post@helseforskning.etikk.no

Web:

All post og e-post som inngår i saksbehandlingen, bes adressert til REK sør-øst og ikke til enkelte personer

Kindly address all mail and e-mails to the Regional Ethics Committee, REK sør-øst, not to individual staff

Komiteens vedtak kan påklages til Den nasjonale forskningsetiske komité for medisin og helsefag, jfr. helseforskningsloven § 10, 3 ledd og forvaltningsloven § 28. En eventuell klage sendes til REK sør-øst. Klagefristen er tre uker fra mottak av dette brevet, jfr. forvaltningsloven § 29.

Vi ber om at alle henvendelser sendes inn via vår saksportal: <http://helseforskning.etikkom.no> eller på e-post til: post@helseforskning.etikkom.no.

Vennligst oppgi vårt referansenummer i korrespondansen.

Med vennlig hilsen,

Stein Opjordsmoen Ilnér (sign.)
professor dr. med.
komitéleder

Katrine Ore
Komitésekretær/Rådgiver

Kopi til: hans.andresen@nih.no

Forespørsel om deltakelse i masterprosjekt

Vil utøveren forbedre prestasjonen etter en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster?

Hensikten med prosjektet

Dette er en forespørsel til deg om å delta som forsøksperson i en forskningsstudie på Norges idrettshøgskole. I denne studien vil jeg se om det er noen hensikt å gjennomføre oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster, skøyting på rulleski, i forkant av en prestasjonstest på rulleski (skøyting). I langrenn er det mange som benytter løping som aktivitet til oppvarmingen før en sprintkonkurranse. Det kan være mulig at en oppvarming med ski på beina i forkant av en langrennsprint kan være med å optimalisere prestasjonen til utøveren. Hensikten med studien er å se om en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster påvirker prestasjonen ved en prestasjonstest på rulleski (skøyting).

Hva innebærer studien?

Gjennomføringen vil skje på Norges idrettshøgskole. All testing vil skje på mølle både ved løping og skøyting på rulleski. Forsøkspersonene møter opp normalt 4 dager (5 hvis nødvendig), og må beregne 1-2 timer per gang. I tillegg kommer 2-3 oppmøtedager som skal brukes på tilvenning. Oppmøte er på fysiologisk laboratorium på Norges idrettshøgskole. Først må deltakeren igjennom 2-3 dager med tilvenning på trede – og rulleskimølle. Her kartlegges deltakerens fysiske form. Test dag 1 og 2 består av laktatprofil og VO_{2max} test på henholdsvis skøyting på rulleski og løping på tredemølle. De to siste testdagene omfatter en prestasjonstest hver (henholdsvis prestasjonstest 1 og prestasjonstest 2), der tid til utmattelse er mål på prestasjon. Under første prestasjonstest (dag 3) skal du som forsøksperson varme opp på rulleski (skøyting) i forkant av testen. Motsatt skal du ved andre prestasjonstest (dag 4) gjennomføre en oppvarming med løping som bevegelsesform. Rekkefølgen på oppvarmingsprotokollene vil bli tilfeldig

trukket ut for hver forsøksperson. Ved all testing blir det målt ulike fysiologiske parametere (HF, V, La^- , R, VO_2 og SPO_2) blir målt.

Fordeler og ulemper

Studiets fordeler: Du vil som forsøksperson få kartlagt din fysiske form gjennom en laktatprofiltest med estimering av anaerob terskel, samt en måling av maksimalt oksygenopptak og maksimal hjerterefrekvens. Du vil også få innsikt i din egen fysiske kapasitet både i løping og skøyting på rulleski. Studiet tilbyr deg veiledning i tolkning og bruk av testresultatene, noe som kan være nyttig for deg som idrettsutøver. Videre får du muligheten til å bidra, og få et innblikk i forskning på et felt som er lite studert.

Studiets ulemper: Arbeid til utmattelse kan oppleves anstrengende både fysisk og psykisk. Du må forvente stikk i fingeren da blodlaktat måles under testene. Noen vil føle litt ubehag ved å ha munnstykke i munnen under arbeidsperiodene. Du må stille til disposisjon normalt 6-7 dager. Testdagene vil bli forsøkt tilrettelagt slik at det får minst mulig påvirkning på din planlagte hverdag. Testing på kveldstid eller i helgene er fullt mulig, det forutsettes likevel at prestasjonstestene gjennomføres på ca samme tid på døgnet.

Hva skjer med prøvene og informasjonen om deg?

Prøvene tatt av deg og 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 gjenkjennende opplysninger. En kode knytter deg til dine opplysninger og prøver gjennom en navneliste. På denne måten vil det ikke være mulig å bli gjenkjent på grunnlag av testresultatene. Ditt navn knyttes til et ID-nummer og kun autorisert personell har tilgang til kodelisten. Blodprøver som tas under testing vil bli analysert på stedet og destruert når analyse er gjennomført, det vil si etter ca. 1 minutt. Det vil ikke være mulig å identifisere deg i resultatene av studien når disse publiseres.

Krav til forsøkspersonen

Du kan ikke som forsøksperson bruke sentralstimulerende midler (alkohol, koffein eller nikotin) eller gjennomføre hard fysisk aktivitet 24 timer før test.

Du vil på bakgrunn av dag 1 blir tatt opp til studien hvis du tilfredsstillers minstekravet.

For menn er dette VO_{2maks} på (ca) $\geq 65 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.

Det vil være en fordel om du har gjennomført test av maksimalt oksygenopptak og løp på tredemølle fra tidligere. Det er et krav at du er kjent med å gå skøyting på rulleski i høyt tempo (opp til VO_{2maks}). Alderskravet for å delta på studiet er 18 år.

Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta i studien. Du kan når som helst, uten å oppgi noen grunn trekke deg fra 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:

Professor	Frank Ingjer	Norges idrettshøgskole	Tlf:
90100407			
Student	Jenni Hesselberg Indby	Norges idrettshøgskole	Tlf:
95034346			

Del A – utdypende forklaring av hva studien innebærer.

Del B – Personvern, biobank, økonomi og forsikring.

Samtykkeerklæring følger etter kapittel B.

Del A – utdypende forklaring av hva studien innebærer

Bakgrunn for studien

Under et høyintensivt sprintarbeid (maksimal innsats fra 10 sekunder til 6 minutter) avgjøres kampen om førsteplass normalt med små marginer. Selv på høyt nasjonalt nivå benytter utøvere ofte individuelle oppvarmingsrutiner, basert på egen utprøving. Det er vanskelig å tro at alle disse variantene av oppvarming (med tanke på arbeidstid, intensitet og restitusjonstid) utgjør en like god effekt på prestasjon i sprint. Aktiv oppvarming har blitt rapportert å øke både VO_{2maks} og tid til utmattelse. I starten av et

muskulært arbeid er det en forsinkelse i oksygenopptaket i forhold til det faktiske oksygenkravet. Forsinkelsen medfører et oksygenunderskudd som delvis dekkes av anaerob energifrigjøring.

I en langrennssprint er hver arbeidsperiode ca 1200 – 1800m i variert terreng, dvs at det er en konkurranse med kort relativt varighet (ca. 2-4 minutter). Ved konkurransetid < 5 minutter kan en av de viktigste grunnene til å varme opp være å øke utgangs-VO₂. Ved sprint er det viktig å gjennomføre en oppvarming som øker temperaturen i musklene, men det bør ikke redusere høyenergifosfatlagrene i forkant av konkurransen. Det er små marginer i bla sprintlangrenn, det er viktig å optimalisere små faktorer som kan være med å påvirke en bedre prestasjon. Det kreves raske endringer i energikravet underveis i en langrennssprint, og det er mulig at en høyere utgangs-VO₂ som følge av en oppvarming med høy arbeidsintensitet kan gi en bedre prestasjon, eller at nerveimpulsen til arbeidende muskler går raskere hvis man har gjennomført bevegelsespesifikk oppvarming. I langrenn er det mange som benytter løping som aktivitet til oppvarmingen før en sprintkonkurranse. I denne studien vil jeg se om det er noen hensikt å gjennomføre oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster med tanke på den påfølgende aktiviteten. Det kan være mulig at en spesifikk oppvarming med ski på beina forkant av en langrennssprint kan være med å optimalisere prestasjonen til utøveren. Hensikten med studien er å se om en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster påvirker ytelsen ved en prestasjonstest til total utmattelse på 105% av VO_{2maks} i skøyting på rulleskimølla. På bakgrunn av dette er det kommet frem til denne problemstillingen.

Vil utøveren forbedre prestasjonen etter en oppvarming med spesifikt bevegelsesmønster?

Studiedesign

Dette prosjektet er en randomisert kontrollert studie, der det skal sammenliknes to ulike bevegelsesformer under oppvarmingen. Studien vil ikke være blindet. Prosjektet krever normalt 4 dager, i tillegg kommer tilvenning til bruk av rulleski på tredemølle.

Forsøkspersonene skal gjennomføre en prestasjonstest i skøyting på rulleskimølla. Den ene dagen vil de gjennomføre en spesifikk oppvarming på rulleski skøyting, mens de neste dag vil de gjennomføre tilsvarende oppvarmingsprotokoll med løping som bevegelsestype. Det blir fire dager med testing for hver forsøksperson, og det vil være randomisert hvilken bevegelsestype som gjennomføres først. Under samtlige tester vil

det bli målt oksygenopptak ($VO_{2\text{maks}}$), hjertefrekvens (HF), laktatkonsentrasjon i blodet $[La^-]_{bl}$, ventilasjon (V), R-verdi (R) og oksygenmetning (ved SpO_2) i tillegg til hastighet og tid på løpstestene.

Tilvenning

Forsøkspersonene vil bruke 2-3 dager til tilvenning. Det meste av tiden vil gå til tilvenning inne på tredemølle på rulleski, da dette er ukjent for de fleste. Tilvenningen vil starte på lav intensitet, deretter vil det bli gjennomført en forenklet laktatprofiltest der FP gjennomfører tre arbeidsbelastninger med den siste arbeidsbelastningen opp mot $VO_{2\text{maks}}$. FP får også en kort tilvenning i løping på tredemølle, der det vil bli kjørt en forenklet laktatprofiltest på samme måte som på rulleski. Verdiene fra målingene vil benyttes til å bestemme første arbeidsbelastning for laktatprofiltesten på testdag 1 og 2. Under tilvenningen vil FP bruke munnstykke til VO_2 -målinger og det vil bli tatt blodprøver i fingeren, for å gjøre FP kjent med utstyret og eventuelle ubehag ved bruk av dette. Tilvenningen vil kartlegge deg som forsøksperson, og det vil bli kjørt en forenklet laktatprofiltest (NiH-protokoll). På bakgrunn av dette vil du bli inkludert i studien hvis du tilfredsstillter inklusjonskravene til studiet.

Testdag 1 og 2: består av laktatprofil- og $VO_{2\text{maks}}$ -test i løping og skøyting til rulleski på tredemølle.

Testing av laktatprofil: En laktatprofil er en trappetest der man øker belastningen hvert femte minutt. Mellom hver belastningsøkning vil det være en 1 minutt pause hvor en blodprøve tas i finger. Testen er ikke en utmattende test, og avsluttes normalt etter 4-5 belastningsøkninger.

Testing av $VO_{2\text{maks}}$: Testen blir gjennomført etter laktatprofil. Dette er en tilsvarende trappetest med hastighetsøkning på $1 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$ per minutt. Starthastighet er avsluttende hastighet på laktatprofil testen. Arbeidets totale varighet er på ca 4 til 6 minutter.

Testdag 3: FP skal gjennomføre en prestasjonstest i skøyting på rulleskimølla. Det vil være en 800meters test, der FP skal gå på kortest mulig tid. Oppvarmingsprotokollen vil være 20 minutter, der de første 5 minuttene vil ha en arbeidsintensitet på 40% av $VO_{2\text{maks}}$, og de neste 15 minuttene vil være 65% av $VO_{2\text{maks}}$. Bevegelsesformen under oppvarming vil være løping. Pausen mellom oppvarmingsprotokollen og

prestasjonstesten vil være <5 minutter. $[La^-]_{bl}$ blir målt før oppvarming, i pausen mellom oppvarming og prestasjonstest og ved 5 ulike tidspunkt etter testen. VO_2 og hjertefrekvens blir målt under hele arbeidet.

Testdag 4: FP skal gjennomføre en prestasjonstest i skøyting på rulleskimølla. Det vil være en 800meters test, der FP skal gå på kortest mulig tid. Oppvarmingsprotokollen vil være 20 minutter, der de første 5 minuttene vil ha en arbeidsintensitet på 40% av $VO_{2\text{ maks}}$, og de neste 15 minuttene vil være 65% av $VO_{2\text{ maks}}$. Bevegelsesformen under oppvarming vil være skøyting på rulleski. Pausen mellom oppvarmingsprotokollen og prestasjonstesten vil være <5 minutter. $[La^-]_{bl}$ blir målt før oppvarming i pausen mellom oppvarming og prestasjonstest og ved 5 ulike tidspunkt etter testen. VO_2 og hjertefrekvens blir målt under hele arbeidet.

Ditt ansvar som forsøksperson

På testdagene har du ansvar for å møte opp til avtalt tid på Norges idrettshøgskole (i resepsjonen) og følge de retningslinjene som blir gitt. Prosjektet har som målsetting å gjennomføre all testing i perioden oktober til november i 2011.

Du vil som forsøksperson ikke tilstås noen økonomisk kompensasjon som deltaker i studien.

Kapittel B – Personvern, biobank, økonomi og forsikring

Personvern

Opplysninger som registreres om deg er fødselsår, kjønn, høyde, vekt samt resultatene fra de ulike fysiologiske parameterne.

Norges idrettshøgskole ved administrerende direktør er databehandlingsansvarlig.

Rett til innsyn og sletting av opplysninger om deg

Hvis du sier ja til å delta i studien, har du rett til innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg. Du har videre rett til å få korrigert 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.

Forsikring

Alle forsøkspersoner er forsikret ved NiHs forsøkspersonforsikring.

Informasjon om utfallet av studien

Du vil få tilgang til dine egne testresultater og publikasjon av masteroppgave dersom dette er ønskelig.

Samtykke til deltagelse 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)

