

Dag Aalvik

Effekten av en laktatprofiltest som oppvarming

Effekten av en normal laktatprofiltest, en rolig jogg eller en intensiv laktatprofiltest på prestasjon målt som VO_{2maks} og tid til utmattelse i et etterfølgende utmattende utholdenhetsarbeid.

Masteroppgave i idrettsvitenskap

Seksjon for fysisk prestasjonsevne

Norges idrettshøgskole, 2013

Sammendrag

Hensikt: Det er få eller ingen arbeider som har sett på effekten en laktatprofiltest har på et etterfølgende intensivt utholdenhetsarbeid. Hensikten med det foreliggende arbeidet var derfor å undersøke effekten en laktatprofiltest har på prestasjon (VO_{2maks} og tid til utmattelse (TTU)) for så å sammenligne prestasjonsresultatene med en rolig form for oppvarming og en intensiv form for laktatprofiltest.

Metode: Totalt deltok det 11 godt utholdenhetsrente (VO_{2maks} $71 \pm 5,6$ ml·kg⁻¹·min⁻¹) mannlige personer i denne studien. Forsøkspersonene (FP) gjennomførte i alt 3 randomiserte forsøk bestående av en normal laktatprofiltest (NAT), en intensiv laktatprofiltest (IAT) og en rolig jogg (RJ) før en prestasjonstest hvor VO_{2maks} og TTU ble satt som mål på prestasjon. Det ble også målt hjertefrekvens (HF) og laktatkonsentrasjon i blod ($[La^-]_{bl}$) i de ulike forsøkene.

Resultat: Det ble ikke funnet noen endring i VO_{2maks} som følge av NAT ($69,9 \pm 5,1$ ml·kg⁻¹·min⁻¹), IAT ($70,0 \pm 5,3$ ml·kg⁻¹·min⁻¹) eller RJ ($70,6 \pm 6,0$ ml·kg⁻¹·min⁻¹) i det foreliggende arbeidet. På den annen side observert en signifikant ($p < 0,05$) endring i TTU mellom NAT (315 ± 37 sekunder) og IAT (298 ± 31 sekunder). Det ble også observert en sterk tendens ($p < 0,06$) til endret TTU etter NAT sammenlignet med RJ (350 ± 38 sekunder). Det ble også funnet signifikante endringer i fysiologiske parametere som HF og $[La^-]_{bl}$ i det foreliggende arbeidet.

Konklusjon: Det er ikke unormalt at både VO_{2maks} og TTU blir testet like i etterkant av en laktatprofiltest. Det hersker tvil om en hel laktatprofiltest som oppvarming er gunstig eller tilrådelig for å kunne oppnå optimale/riktige verdier for en påfølgende VO_{2maks} og/eller TTU test. Ut ifra de foreliggende resultater ser det ikke ut til å være noen nevneverdig forskjell i oppnådd VO_{2maks} uavhengig av om de tre forskjellige oppvarmingsmetodene som er undersøkt i det foreliggende arbeidet blir benyttet. Det er derfor rimelig å anta at en laktatprofiltest utført før en måling av VO_{2maks} normalt ikke vil ha noen nevneverdig innvirkning på evne til å oppnå VO_{2maks} hos godt utholdenhetsrente personer. På den annen side ser oppvarmingsmetoden ut til å ha en innvirkning på individets prestasjonsevne målt som TTU. Resultater fra det foreliggende arbeid viser en klar endring i TTU etter de ulike former for oppvarming som har blitt undersøkt i det foreliggende arbeid.

Forord

Valget av oppgave var for meg ganske vanskelig, og da valget falt på denne problemstillingen var det mest på bakgrunn av muligheten jeg fikk til selv å utforme prosjektet. På samme tid var problematikken noe som virket interessant teoretisk men også praktisk. I løpet av mine år ved Norges Idrettshøgskole har jeg lært mye og truffet mange flotte mennesker. En stor takk til Frank Ingjer som har hatt utrolig tålmodighet med meg og for mange konstruktive tilbakemeldinger på min noe rotete skriveprosess.

Jeg rette også en stor takk til Martin Skaugen, Jenni Indby, Torben Wendler, Martin Jullum og resten av masterkullet for mange fine diskusjoner og hyggelige stunder i løpet av studietiden. En stor takk bør også rettes til Siri og Sebastian i kantinen, spesielt med tanke på at jeg har kaffe og ikke blod i årene.

Til mine forsøkspersoner så vil jeg si tusen takk for at alle tok seg tid til å være med på forsøkene og at dere hadde tålmodighet med meg. Sist men ikke minst vil jeg takke Tove Riise, Anne Anmarkrud, Liv Korsmo, Unni Teksum og resten av kommunikasjonsavdelingen hvor jeg var så heldig å få ta del i jobben det er å drive NIH. Jeg hadde nok ikke kommet meg gjennom på samme måte hadde det ikke vært for dere.

Oslo 29. Mai 2013

Innholdsfortegnelse

1 Innledning	7
1.1 <i>Problemstillinger</i>	8
2 Teori	9
2.1 <i>Generell arbeidsfysiologi</i>	9
2.1.1 Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks})	9
2.1.2 Minuttvolum (Q)	10
2.1.3 Anaerob terskel	12
2.2 <i>Oppvarming</i>	15
2.2.1 Aktiv oppvarming	15
2.2.2 Temperaturforandring som følge av ulik oppvarmingsintensitet og varighet	25
2.3 <i>Oppsummering</i>	27
3 Metode	28
3.1 <i>Metodevalg og design</i>	28
3.1.1 Studiedesign	28
3.1.2 Forsøkspersoner (FP)	28
3.1.3 Pilotstudie.....	29
3.1.4 Statistiske beregninger	29
3.2 <i>Utstyr</i>	30
3.2.1 Oksygenopptak.....	30
3.2.2 Laktatanalysator	30
3.2.3 Diverse	31
3.3 <i>Datainnsamling</i>	31
3.3.1 Dag 1: Normal laktatprofiltest med VO_{2maks} (NAT).....	32
3.3.2 Dag 2: Intensiv laktatprofiltest med VO_{2maks} (IAT)	33
3.3.3 Dag 3: Rolig jogg med VO_{2maks} (RJ).....	34
3.3.4 Standardisering.....	34
3.3.5 Forsøkspersonenes sikkerhet.....	34
4 Resultater	35
4.1 <i>VO_{2maks} oppnådd under prestasjonstestene</i>	35
4.2 <i>Prestasjon målt som tid til utmattelse (TTU) i sekunder</i>	37

4.3	<i>Laktatkonsentrasjon i blod ($[La^-]_{bl}$) etter oppvarming og prestasjonstest</i>	38
4.4	<i>Submaksimal- og maksimal hjertefrekvens (HF)</i>	39
4.5	<i>Maksimal hastighet</i>	40
5	Diskusjon	41
5.1	<i>Diskusjon av resultater</i>	41
5.1.1	<i>Prestasjon (VO_{2maks} og TTU)</i>	41
5.1.2	<i>Andre fysiologiske parametre</i>	45
5.2	<i>Andre vurderinger</i>	47
6	Konklusjon	48
7	Referanseliste	49
	Forkortelser	55
	Figuroversikt	57
	Tabelloversikt	58
	Vedlegg	60
	<i>Vedlegg 1 – Søknad til Regional etisk komite</i>	61
	<i>Vedlegg 2 – Godkjenning fra Regional etisk komite</i>	68
	<i>Vedlegg 3 – Forespørsel om deltagelse i forskningsprosjekt</i>	70

1 Innledning

Normalt blir en aktiv oppvarming sett på som en naturlig del av forberedelsene før et intensivt utholdenhetsarbeid. Det har lenge vært kjent at en aktiv oppvarming fører til en økning i kroppstemperaturen og en derpå følgende endring i en rekke fysiologiske parametere (e.g. oksygenopptak, hjerterefrekvens, blodstrøm og ventilasjon). Endringene som skjer som følge av en aktiv oppvarming ser ut til å sette organismen i bedre stand til å kunne gjennomføre et etterfølgende intensivt utholdenhetsarbeid. Således har en rekke studier observert en bedret prestasjon i løpet av et intensivt utholdenhetsarbeid som følge av en aktiv oppvarming sammenlignet med passiv- eller ingen oppvarming (Grodjinovsky & Magel, 1970; Ingjer & Stromme, 1979; A. M. Jones, Wilkerson, Burnley, & Koppo, 2003). Til tross for dette er det lite generell enighet om hvorledes en oppvarming skal eller bør gjennomføres blant annet med tanke på varighet og intensitet for å kunne prestere best mulig i et påfølgende intensivt utholdenhetsarbeid (Bishop, 2003b).

En godt strukturert oppvarming kan føre til endringer i ulike fysiologiske faktorer som nevnt ovenfor kan således lede til en bedring i prestasjon i et påfølgende intensivt utholdenhetsarbeid. I en oversiktsartikkel tar Bishop (2003a) for seg ulike fysiologiske faktorer som kan være med på å bedre prestasjonen i et langvarig (> 5 minutter) utholdenhetsarbeid med høy intensitet. Bishop (2003a) kategoriserer de ulike fysiologiske tilpasningene inn i to ulike grupper; temperaturrelaterte og ikke-temperaturrelaterte effekter (Bishop, 2003a). De viktigste fysiologiske tilpasninger som relateres til økt muskel- og kjernetemperatur som følge av en aktiv oppvarming er; økt enzymaktivitet i arbeidende muskulatur, nedsatt stivhet i sener og muskulatur, økt nervekonduktet, høyreforskyvning av hemoglobinetts dissosiasjonskurve og omdirigering av blodstrøm til aktiv muskulatur (Bishop, 2003a; Andrew M. Jones & Poole, 2005). Av ikke temperaturregulerte faktorer som kan være med på å bedre prestasjonen er noen av de viktigste; økt grunnlinje oksygenopptak (VO_2) og intramuskulær endring i pH (Bishop, 2003a). I en senere oversiktsartikkel tar Bishop (2003b) opp betydningen av oppvarmingens varigheten og intensiteten og setter disse forholdene i sammenheng med prestasjonsevnen i et utholdenhetsarbeid med høy intensitet. Generelt blir det anbefalt at en oppvarming har en relativt kort varighet (> 20 minutter), og med en intensitet (<75 % av VO_{2maks}) som er tilstrekkelig til å øke kjernetemperaturen uten at det går på for stor bekostning av de intramuskulære

energilagrene. Pausen mellom en oppvarming og et etterfølgende intensivt utholdenhetsarbeid blir lagt stor vekt på av Bishop (2003b). Det anbefales at en slik pause ikke bør ha for kort varighet (<1 minutt) slik at det etterfølgende utholdenhetsarbeidet kan påbegynnes med fulle energilagre i muskulaturen. Oppholdet i aktivitet bør heller ikke ha for lang varighet (> 5 minutter) slik at de fysiologiske faktorene (for eksempel grunnlinje VO_2 og intramuskulære pH) kommer tilbake til hvileverdier.

I de senere år har fokuset på testing av idrettsutøveres prestasjonsevne økt. Kapasitetstesting gjøres i hovedsak for å få en indikasjon på den enkelte utøvers fysiske form og for å kunne kontrollere at treningen utøveren gjennomfører har den tiltenkte effekten. Ved slik testing av kapasiteten blir det i de fleste tilfeller benyttet en laktatprofiltest som oppvarming før VO_{2maks} måles. En laktatprofiltest har normalt en forholdsvis lang varighet (>30 minutter) og for noen individer kan en slik laktatprofiltest være ganske fysisk krevende. På bakgrunn av dette kan det tenkes at et individ som har gjennomført en laktatprofiltest som oppvarming ikke greier å få ut sitt fulle potensiale ved måling av VO_{2maks} . Etter hva forfatteren kjenner til er det få eller ingen arbeider som har hatt til hensikt å se på effekten av en laktatprofiltest som oppvarming før en måling av prestasjon (VO_{2maks} og TTU). På bakgrunn av dette har det foreliggende arbeid til hensikt å se på en laktatprofiltest sin effekt på prestasjon (VO_{2maks} og TTU) og sammenligne resultatet med to andre former for oppvarming.

1.1 Problemstillinger

1. Vil en laktatprofiltest som oppvarming føre til nedsatt, uendret eller bedret prestasjon (målt som VO_{2maks} og TTU) i et etterfølgende intensivt utholdenhetsarbeid til utmattelse?
2. Hvilken betydning kan $[La^-]_{bl}$ etter endt oppvarming ha på prestasjon (målt som VO_{2maks} og TTU) i et intensivt utholdenhetsarbeid til utmattelse?

2 Teori

2.1 Generell arbeidsfysiologi

For å få en bedre forståelse av hvordan organismen fungerer under arbeid hvor aerob energifrigjøring er dominerende vil det her bli tatt opp og diskutert en rekke fysiologiske parametere.

2.1.1 Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks})

Det maksimale oksygenopptaket (VO_{2maks}) blir definert som det høyeste oksygenopptaket (VO_2) som ett individ kan oppnå i ett dynamisk utholdenhetsarbeid med høy arbeidsintensitet og hvor store muskelgrupper er i bruk og hvor VO_2 ikke øker mer ved en fortsatt økende arbeidsbelastning.

VO_{2maks} er av spesielt stor betydning i idretter som stiller store krav til utøvers aerobe kapasitet og hvor utøvers prestasjon korrelerer god med VO_{2maks} . Flere ulike arbeider har sett på VO_{2maks} sin betydning for prestasjonsevnen og det har blitt observert en god korrelasjon mellom utøvers prestasjonsevne og VO_{2maks} i flere ulike idrettsgrener (Ingjer, 1991; Moser, Gjerset, Johansen, & Vadder, 1995; Saltin & Astrand, 1967). På den annen side forutsetter slik god korrelasjon et relativt heterogent utvalg med tanke på prestasjonsevne, dersom utvalget er relativt homogent blir korrelasjonen dårligere med tanke på prestasjon. Dette kommer trolig av ulikheter i individuell arbeidsøkonomi. Men dersom man forutsetter at utvalget er relativt heterogent med tanke på prestasjon hevder flere at VO_{2maks} er den enkeltfaktoren som har størst betydning for prestasjonen i utholdenhetsidretter som langrenn, løp, sykling og orientering (Bosquet, Leger, & Legros, 2002; di Prampero, Atchou, Bruckner, & Moia, 1986; Hallén, 2004). På den annen side har Thomas Losnegard (2013) i sine studier (Thomas Losnegard, 2013; T. Losnegard, Myklebust, & Hallen, 2012; T. Losnegard, Myklebust, Spencer, & Hallen, 2012) sett en bedret prestasjon hos langrennsløpere over tid uten signifikant endring i VO_{2maks} . Losnegard argumenterer med at når en utøvers tilsynelatende øvre grense for VO_{2maks} er nådd vil man fremdeles kunne bedre utøverens utnyttelsesgrad og anaerobe kapasitet og med det øke utøverens prestasjon. Argumentet til Losnegard forutsetter at det faktisk finnes en øvre grense for VO_{2maks} , noe som ikke ser ut til å gjelde for alle. En longitudinell studie (Ingjer, 1992) gjort på unge utøvere fra 14 årsalderen til 21 årsalderen har observert en fortsatt økende absolutt verdi for VO_{2maks} selv om den relative verdien ser ut til å stabilisere seg når utøverne kommer i 18 årsalderen. Denne

stabiliseringen i VO_{2maks} ser ut til å forekomme på samme tid hvor utøverne øker mye i vekt. Trolig skyldes denne økningen i vekt økt muskelmasse og generell vekst. Både Losnegard (2012) og Ingjer (1992) observerte også relativt store sesongvariasjoner i VO_{2maks} , noe som kan indikere at VO_{2maks} er nært knyttet til den enkelte utøvers trening og man kan spekulere i om en endring i treningsopplegget fortsatt ville kunne ha ført til forhøyet VO_2 ut over hva som har blitt observert for den enkelte utøver tidligere. Tradisjonelt er utøvere og trenere mindre villige til å prøve nye former for trening da de ikke vet hva slags effekt en slik endring nødvendigvis vil gjøre med utøverens prestasjon. Denne reserverte holdningen kan være en av årsakene til at faktorer som utnyttelsesgrad og anaerobe prosesser blir sett på som noen av enkeltfaktorene som ved tradisjonell trening endrer seg og er med på å bestemme den enkelte utøvers prestasjon selv uten en økning i VO_{2maks} .

For bedre å kunne beskrive de faktorer som ligger til grunn for VO_{2maks} er det vanlig å ta utgangspunkt Fick's ligning:

$$VO_{2maks} = Q_{maks} \cdot (CaO_2 - CvO_2)_{maks} \text{ (P.-O. Åstrand, Rodahl, Dahl, \& Strømme, 2003)}$$

I første del av ligningen er Q_{maks} forkortelse for hjertets maksimale minuttvolum. Q_{maks} består av to faktorer; «maksimal hjertefrekvens (HF_{maks}) · hjertets maksimale slagvolum (SV_{maks})». Siste del av ligningen beskriver mengden O_2 tatt opp av venene i kroppen, da $CaO_2 - CvO_2$ er differansen mellom mengde O_2 i arterielt og blandet venøst blod.

2.1.2 Minuttvolum (Q)

Hjertets maksimale minuttvolum (Q_{maks}) er den totale mengden blod hjertet greier å pumpe pr. minutt i et maksimalt arbeid. Som beskrevet i Fick's ligning består Q_{maks} av faktorene « $HF_{maks} \cdot SV_{maks}$ ». Da HF_{maks} ikke ser ut til å være trenbar men derimot noe synkende ved langvarig utholdenhetstrening, varierende fra individ til individ og synkende ved økende alder (Lester, Sheffield, Trammell, & Reeves, 1968; Robinson, 1938) kan man anta at SV_{maks} er den delen av Q som lar seg påvirke med trening og som kan føre til en øning i Q_{maks} over tid.

Hjertets SV_{maks} er et produkt av endediastolisk fylling og endesystolisk tømning og vil i et maksimalt arbeide kunne være på minst $180 \pm 10 \text{ ml} \cdot \text{slag}^{-1}$ for godt trente menn ($VO_{2maks} > 60 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), mens for en mindre trente/utrent ($VO_{2maks} < 45 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) person vil SV_{maks} normalt ligge rundt $110 \pm 10 \text{ ml} \cdot \text{slag}^{-1}$ (Ekblom & Hermansen, 1968;

McArdle, Katch, & Katch, 2006). Mindre aktive- og sedate individer har blitt målt med en Q_{maks} på 15-25 l·min⁻¹ (McArdle et al., 2006) mens godt trente individer har blitt målt med Q_{maks} opp mot og over 40 l·min⁻¹ (Ekblom & Hermansen, 1968). I studien til Ekblom & Hermansen (1968) gjennomført på godt trente utøvere ($\bar{x}VO_{2maks} = 66.0 \pm 1.6$ ml·kg⁻¹·min⁻¹) fra ulike kondisjonsidretter ble det observert en gjennomsnittlig Q_{maks} på 36 l·min⁻¹. For ett av individene i studien ble det målt Q_{maks} på 42,3 l·min⁻¹ og SV_{maks} ble for dette individet estimert til 212 ml·slag⁻¹. Metoden for måling av Q_{maks} som blir brukt i studien av Ekblom & Hermansen (1968) er en variant av dye-dilution metoden. I likhet med direkte-Fick og thermodilution blir dye-dilution metoden ansett for å være gullstandarden for måling av Q i hvile eller ved submaksimale belastninger (for nærmere beskrivelse av direkte-Fick, thermodilution og dye-dilutin metodene se Warburton, Haykowsky, Quinney & Teo (1999a)). Metodene er derimot mindre egnet for å måling av Q_{maks} ved maksimale arbeider hvor HF er nære HF_{maks} eller hvor $Q > 25-30$ l·min⁻¹. Trolig kommer dette på bakgrunn av at de tre metodene som er nevnt over krever kateterisering av hjertet for å kunne måle enten temperaturendringer (thermodilution) eller fortykning av fargestoff (dye-dilution) i blod. Med slik kateterisering av hjertet i maksimale arbeider er det knyttet ulike komplikasjoner som forstyrret hjerterytme, punktering av vener eller skade på hjertemuskulaturen (Warburton et al., 1999a). Kateteriseringen i seg selv krever også trent medisinsk personell for å kunne gjennomføres, noe som er både tidkrevende og kostbart. Da de overnevnte metoder ser ut til å være mindre egnet til bruk i maksimale arbeider har det blitt utviklet metoder for måling av Q_{maks} som ikke krever kateterisering av hjertet. Eksempler på slike metoder er indirekte-Fick, pusting av ulike gassblandinger (C₂H₂ og N₂O), ultralyd, EKG og elektronisk impedans (Warburton et al., 1999a; Warburton, Haykowsky, Quinney, Humen, & Teo, 1999b). De forskjellige ikke-invasive metodene har ulike svakheter knyttet til seg og det ser ikke ut til at noen av metodene per i dag er i stand til å måle Q_{maks} med 100 % sikkerhet. På den annen side er metodene mindre kostbare å utføre, de krever ikke medisinsk personell, de er mindre invasive (krever ikke kateterisering av hjertet) for forsøkspersonen og de er i stand til å bestemme Q_{maks} med forholdsvis sikkerhet. Metodiske usikkerheter gjør derimot at man bør være reservert ved tolkning av data og resultater som er gitt i denne typen arbeider. I studien av Ekblom & Hermansen (1968) ble det tatt høyde for slike metodiske usikkerheter, da samme gruppe i et tidligere arbeide (Ekblom, Astrand, Saltin, Stenberg, & Wallstrom, 1968) fant metodiske uregelmessigheter ved dye-dilution metoden som ble brukt.

Resultatene til Ekblom & Hermansen (1968) ble på bakgrunn av dette nøye kontrollert og uregelmessigheter ble ikke inkludert i de endelige resultatene. Det kan tenkes at noen av resultatene som ble ekskludert var reelle mål men som på bakgrunn av tidligere vurderinger ble fjernet. Denne fjerningen kan tenkes å ha hatt en liten påvirkning på de endelige resultatene.

For å oppnå SV_{maks} på $\geq 180 \text{ ml}\cdot\text{slag}^{-1}$ ved ca. HF_{peak} kreves det hurtig fylling av hjertet i diastolen. Dette er spesielt viktig da tiden diastolen strekker seg over blir redusert ved økende HF. Hurtig fylling av atrier og ventrikler løser kroppen ved å øke det diastoliske undertrykket i atriene, øke elastisiteten i ventrikkelmuskulaturen og ved bruk av muskelvenepumpen i ekstremitetene for hurtig tilbakeføring av blod fra perifere vev når belastningen er nære eller ved maks kapasitet. Videre har det også blitt vist at lengre perioder med utholdenhetstrening har en morfologisk effekt på hjertets struktur, da spesielt med tanke på økt muskelmasse rundt venstre ventrikkel og et økt volum i venstre ventrikkel (Fagard et al., 1983; Fagard et al., 1984). Disse endringene i hjertets struktur, redusert venøs motstand og hurtigere fylling av hjertekammerene kan være med på å forklare hvorfor godt utholdenhetstrener individer kan ha et fortsatt økende SV selv opp mot eller nær HF_{maks} (Ferguson, Gledhill, Jamnik, Wiebe, & Payne, 2001). Hos utrente individer ser det ikke ut til at SV vil ha samme forløp som hos trente individer, SV ser hos utrente individer derimot ut til å flate noe ut eller synke noe ved økende HF mot HF_{maks} (Christie et al., 1987; Higginbotham et al., 1986; Spina et al., 1992). I en studie av Spina et al. (1992) ble det observert nettopp en slik endring i SV som følge av utholdenhetstrening. Forsøkene til Spina et al. (1992) ble utført på en gruppe individer ($N = 12$) i utrent ($\bar{x}VO_{2maks} 42 \pm 2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) tilstand før en treningsintervensjon. Etter intervensjonen ble forsøkene gjentatt på det samme utvalget og det ble da ikke observert en like markant avflatning i slagvolumet sammenlignet med målingene tatt før treningsintervensjonen. Disse resultatene kan være med på underbygge utholdenhetstreningens morfologiske effekter på hjertet og belyse en av effektene langvarig utholdenhetstrening har på SV. Videre vil dette kunne føre til en økning i Q_{maks} på bakgrunn av utholdenhetstrening.

2.1.3 Anaerob terskel

Anaerob terskel (AT) defineres enten som «den høyeste intensiteten ved dynamisk arbeid med bruk av store muskelgrupper der produksjon og eliminering av laktat er like stor» (P.-O. Åstrand et al., 2003) eller «den høyeste intensitet som kan opprettholdes

over tid hvor oksygenopptaket står for tilnærmet hele energibehovet» (Borch, Ingjer, Larsen, & Tomten, 1993).

Det finnes flere målemetoder for å bestemme AT, både direkte og indirekte. Maximal lactate steady state (MLSS) er en direkte metode for å måle AT. MLSS blir normalt definert som den høyeste arbeidsbelastningen som kan opprettholdes over tid hvor laktatkonsentrasjonen i blodet ($[La^-]_{bl}$) er forholdsvis stabil i en lengre periode (≤ 30 minutter) (Beneke, 2003; Faude, Kindermann, & Meyer, 2009; Heck et al., 1985; Tegtbur, Busse, & Braumann, 1993). En MLSS-kartlegging starter med to rampe-protokoller for å kartlegge individets respons på belastning. Under testen økes arbeidsbelastningen gradvis og målinger av $[La^-]_{bl}$, VO_2 og HF gjøres ved fastsatte tidsintervaller. På bakgrunn av disse målingene kan man danne seg et mer nøyaktig bilde av individets evne til å håndtere gradvis økende ytre belastninger og ut ifra dette estimere en ca. verdi for AT. Slik innledende kartlegging gjøres for å enklere kunne innsnevre området hvor individets AT befinner seg. Noen dager etter de innledende rampe-protokollene fortsetter MLSS-kartleggingen normalt med et 30. minutters konstant arbeid. Arbeidsbelastningen i det første konstante arbeidet tilsvarer normalt en hastighet som krever et VO_2 som er ca. $5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ lavere enn hva som ble estimert å være individets AT i de initiale rampe-protokollene. Det blir i løpet av det konstante arbeidet gjort målinger av $[La^-]_{bl}$ hvert femte minutt og hvor en økning i $[La^-]_{bl}$ på mer enn $1 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ mellom 10. og 30. minutt defineres som en for stor økning i $[La^-]_{bl}$. Som således tilsier at den ytre belastningen er over individets AT (H. Carter, Jones, & Doust, 1999; Heck et al., 1985; A. M. Jones & Doust, 1998). Det er viktig å understreke at små endringer ($2 - 5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) i den ytre belastningen kan føre til en raskt økende $[La^-]_{bl}$. En slik hurtig økning i $[La^-]_{bl}$ er årsaken til at den ytre belastningen i det første konstante arbeidet er konservativ (ca. $5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ under estimert VO_2 ved AT) i forhold til den AT som ble estimert i de innledende rampe-protokollene. Det er også årsaken til at man gjennomfører to rampe-protokoller i forkant av MLSS-kartlegging, da en rampe-protokoll gjør det enklere å estimere en ca. verdi for AT før MLSS-testing og med det den ytre belastningen som blir benyttet i den første MLSS-testen. Slike MLSS-tester med konstant belastning repeteres 3 til 4 ganger med en liten økning i den ytre belastning (tilsvarende $4 - 5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) for hver gang. Repeterte tester som disse gjør oss i stand til å fastsette det enkelte individs tilnærmede korrekte AT.

Bruk av MLSS-kartlegging for å estimere AT er på bakgrunn av det som blir beskrevet ovenfor både tidkrevende og kostbart. Derfor blir MLSS-kartlegging ofte erstattet av mer indirekte metoder. Onset of blood lactate accumulation (OBLA) i ulike varianter er indirekte tester som ofte blir anvendt i stede for MLSS-kartlegging. AT blir i en OBLA-test satt til å være ved en forhåndsbestemt $[La^-]_{bl}$. Eksempler på dette kan være bruk av for eksempel $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, $2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ eller en mer individuell metode hvor man setter AT til å være lik « $1,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ + gjennomsnittet av de to første steady-state laktatmålingene gjort i en trappetest» (Svedahl & MacIntosh, 2003). Resultater fra OBLA-tester må tolkes med forsiktighet blant annet fordi en forutbestemt verdi for $[La^-]_{bl}$ kan være med på og over- eller underestimere et individs AT. Korrekt valg av bevegelsesform i en OBLA-test vil også være viktig da AT målt ved løp på tredemølle som regel kun vil gjenspeile individets AT kun for denne bevegelsesformen. En OBLA- eller MLSS-kartlegging gjort på sykkel vil derfor som regel ikke være representativ for AT i for eksempel løping eller langrenn. Årsaken til dette misforholdet er trolig den enkelte idretts arbeidsøkonomi, bruk av ulike muskelgrupper og/eller bevegelsesform (Roecker, Striegel, & Dickhuth, 2003; Withers, Sherman, Miller, & Costill, 1981). Utøvere som har fått estimert sin AT tidligere bør også påse at metoden, protokollene og apparaturen som brukes for å estimere AT ved senere anledninger er av samme type som ved tidligere tester. Ved å endre metode, protokoll eller måleinstrument kan man få store variasjoner i blant annet $[La^-]_{bl}$ -forløpet og med det endret estimering av AT for den enkelte utøver. Ofte oppgir heller ikke artikler hva slags metode, protokoll eller måleapparat som har blitt benyttet ved testing. Dette gjør det vanskelig for andre å sammenligne eller etterprøve resultatene fra tidligere arbeider. Andre faktorer som kan spille inn på resultatene for den enkelte utøver eller fra arbeid til arbeid er valg av metode i en OBLA test. For en utøver vil det være viktig at tester gjennomføres identisk ved hver anledning, for etterprøving av arbeider er det viktig at tidligere arbeider blant annet oppgir faktorer som når blodprøver ble tatt, hvor på kroppen de ulike blodprøvene ble tatt, valg av metode (arbeidsbelastning (% av VO_{2maks}), arbeidets lengde, forsøksprotokoll m.m.) og forsøkets totale varighet.

I kapittel 2.1 har det blitt belyst ulike fysiologiske faktorer som oksygenopptak, minuttvolum og anaerob terskel. Dette er noen av de fysiologiske faktorene som er med på å bestemme et individs evne til å prestere aerobt over tid. Usikkerheten knyttet til hvilke faktorer som har størst betydning for prestasjon er betydelig og antagelig vil

prestasjonsevnen til et individ ikke bli styrt av en enkelt faktor men av mange ulike faktorer i samspill med hverandre. I slike sammensatte systemer vil en svakhet i ett av leddene ha innvirkning på helheten og samtidig prestasjonsevnen til det enkelte individ. Enkeltfaktorer som kan ha stor innvirkning på systemet som helhet finnes det mange eksempler på og de gjør seg spesielt gjeldende i ulike sykdomstilfeller. Ett eksempel på et slikt sykdomstilfelle kan være dersom kroppen av ulike årsaker ikke produserer tilstrekkelig med røde blodceller. Redusert produksjon av røde blodceller vil føre til en reduksjon i kroppens totale hemoglobinmasse og med det dårligere forhold for transport av O₂ ut til kroppens vev. Slik redusert O₂-transport fører til at mindre O₂ vil være tilgjengelig for bruk i energistoffskiftet og man vil trolig får en reduksjon i individets prestasjon på bakgrunn av dette. Dersom man snur på dette eksemplet og tilfører en frisk kropp hormoner som f.eks. erythropoietin som stimulerer til økt produksjon av røde blodceller og med det økt hemoglobinmasse vil man få bedre forutsetninger for O₂-transport i kroppen noe som kan føre til en prestasjons økning utover det normale. Slik bruk av kroppens egne stoffer for å bedre prestasjon kan man se mange eksempler på i toppidretten rundt om i verden.

2.2 Oppvarming

Oppvarming kan kategoriseres som aktiv eller passiv oppvarming; hvor man ved aktiv oppvarming normalt bruker store muskelgrupper for å øke muskel- og kjernetemperaturen (P.-O. Åstrand et al., 2003). I passiv oppvarming forsøker man å øke muskel- og kjernetemperaturen uten å forbruke mer enn nødvendig av kroppens energilagre, dette utføres f.eks. ved bruk av badstue, varmebad eller massasje (Hedrick, 1992).

2.2.1 Aktiv oppvarming

Det har lenge vært kjent at muskelarbeid øker kroppstemperaturen (Jurgensen, 1873), og i 1945 rapporterte Asmussen & Boje (1945) at en høyere temperatur i organisme kunne føre til økt prestasjon i et muskelarbeid. I etterkant av funnene til Asmussen & Boje har flere andre også sett på oppvarmingens effekt på prestasjon og funnet en økning i prestasjonen som følge av en aktiv oppvarming sammenlignet med passiv eller ingen oppvarming (Grodjinovsky & Magel, 1970; Ingjer & Stromme, 1979; A. M. Jones, Wilkerson, et al., 2003). På den annen side har andre studier ikke funnet noen effekt av en aktiv oppvarming på prestasjon (Andzel, 1982; Hawley, Williams, Hamling, & Walsh, 1989; Stewart & Sleivert, 1998). Enkelte arbeider har også

rapportert om en negativ effekt på prestasjon som følge av en aktiv oppvarming (De Bruyn-Prevost & Lefebvre, 1980; Genovely & Stamford, 1982). Felles for så og si alle studier som har dokumentert negativ eller ingen effekt av oppvarming er blant annet bruk av for kort oppvarmingstid, for lang pause mellom oppvarming og prestasjonstest, for intensiv oppvarming ($>80\%$ av VO_{2maks}), for rolig oppvarming til å øke grunnlinje VO_2 inn mot prestasjonstesten, bruk av tøyning i stede for muskelaktivitet som oppvarming og/eller et lite utvalg ($N>4$).

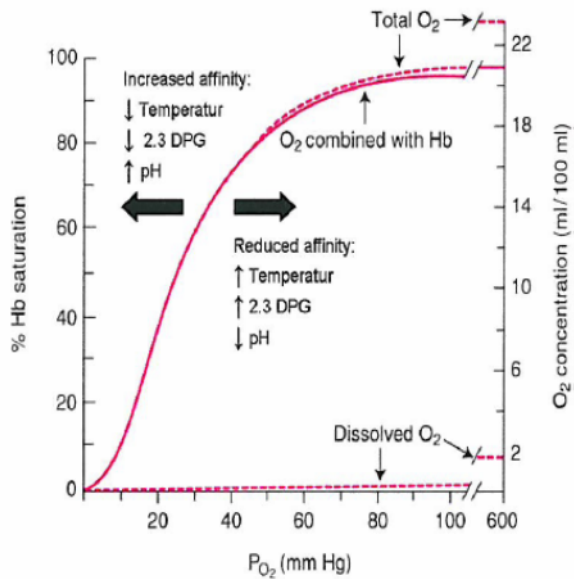
De fysiologiske tilpasningene som skjer ved en aktiv oppvarming og som kan være med på å øke prestasjonen, deles normalt inn i to ulike grupper. Disse gruppene er: temperaturrelaterte og ikke-temperaturrelaterte effekter (Bishop, 2003a). De viktigste fysiologiske tilpasninger som relateres til økt muskel- og kjernetemperatur som følge av en aktiv oppvarming er: økt enzymaktivitet i arbeidende muskulatur, nedsatt stivhet i sener og muskulatur, økt nervekonduktet, høyreforskyvning av hemoglobinetts dissosiasjonskurve og omdirigering av blodstrøm til aktiv muskulatur (Bishop, 2003a; Andrew M. Jones & Poole, 2005). Det er også flere ikke-temperaturregulerte mekanismer som etter en aktiv oppvarming har blitt foreslått å kunne øke prestasjonen, hvor de viktigste er: økt grunnlinje oksygenopptak og intramuskulær endring i pH (Bishop, 2003a). En aktiv oppvarming blir også knyttet til psykologiske faktorer, men disse vil ikke bli diskutert i denne oppgaven.

2.2.1.1 Temperaturregulerte tilpasninger

I hvile går normalt $15 - 20\%$ ($3 - 5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ pr 100 ml muskelvev) av Q til muskulaturen mens ved dynamisk muskelarbeid kan hele $80 - 85\%$ ($100 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ pr 100 ml muskelvev) av Q bli omdistribuert til arbeidende muskulatur (P.-O. Åstrand et al., 2003). I starten på et dynamisk muskelarbeid med store muskelgrupper hvor O_2 kravet er økende vil det være særdeles viktig for kroppen å regulere blodstrømmen til den arbeidende muskulatur. Denne reguleringen er primært styrt av det parasympatiske nervesystemet (PNS). PNS aktiverer glatt muskulatur rundt arteriolene og regulerer på den måten blodstrøm til inaktivt eller aktivt vev rundt om i organismen. Det er viktig å understreke at arteriolenes diameter ikke vil kunne økes ut over den normale dilaterte tilstanden, da muskulaturen rundt arteriolene kun er i stand til å kontrahere og med det redusere arteriolenes diameter. På den annen side kan det se ut til at en økning i vevstemperatur kan ha en inhibitorisk effekt på den glatte muskulaturen rundt arteriolene og med det øke arteriolenes diameter (Barcroft & Edholm, 1946; Calbet,

2000). Denne inhibitoriske effekten forutsetter at den glatte muskulaturen rundt arteriolene er kontrahert for å kunne ha noen nevneverdig effekt på arteriolenes diameter. Dersom forholdene ligger til rette for dilatasjon kan det tenkes at økt vevstemperatur som følge av aktivitet kan være med på å medføre en økning i perfusjonen av aktiv muskulatur og med det bedre forhold for O_2 opptak lokalt i muskulaturen. I likhet med økt vevstemperatur som følge av muskelaktivitet finnes det også metabolske effekter som kan ha en dilaterende effekt på arteriolene. Eksempler på slike metabolske effekter som følge av aktivitet er; reduksjon i den intramuskulære $[O_2]$ (McComas, 1996), økning i den intramuskulære [kalium] (K^+) (Kiens, Saltin, Walloe, & Wesche, 1989) og en økt intramuskulær $[H^+]$ (P.-O. Åstrand et al., 2003). Som beskrevet tidligere vil disse metabolske faktorene i likhet med økt vevstemperatur kun ha dilaterende effekt dersom arteriolenes diameter allerede er redusert av den glatte muskulaturen rundt arteriolene.

En aktiv oppvarming kan som nevnt tidligere føre til en økt frigjøring av H^+ ioner og en økt $[H^+]_{bl}$ som således kan føre til en reduksjon i pH_{bl} . En ytterligere reduksjon av pH_{bl} kan skje ved økt $[CO_2]$ i blodet som følge av aktivitet. En slik reduksjon av pH_{bl} , økt vevstemperatur og en økt konsentrasjon av 2,3 difosfoglyserat⁶ (DPG) ved aktivitet vil kunne være med på å høyreforskyve oksygenhemoglobinets disassosiasjonskurve og med det redusere de røde blodcellenes affinitet for O_2 . Ved redusert affinitet for O_2 vil de røde blodcellene lettere avgi O_2 til de perifere vev og med det vil mer O_2 være tilgjengelig for bruk i energistoffskiftet, noe som kan være med å bidra til økt aerob utholdenhet som følge av en aktiv oppvarming.



Figur 2.1: Oksygenets dissosiasjonskurve indikerer prosent metning av Hb i relasjon til pO_2 i blodet (heltrukket linje). Stiplet linje viser O_2 løst i plasma. Ved fullmettet Hb transporterer blodet ca. 200 ml O_2 pr l blod. Dissosiasjonskurven påvirkes også av temperatur, 2.3 difosfogliserat og pH (lånt av Sylta (2009) og modifisert etter West (2008) s.76)

De ulike faktorenes effekt på oksygenhemoglobinetts dissosiasjonskurve er vist grafisk i **Figur 2.1**, hvor en høyreforskyvning av kurven skjer ved økt vevstemperatur, økt 2.3 DPG og redusert pH. Man ser også en venstreforskyvning ved lavere temperatur, forhøyet pH og lavere konsentrasjon av 2.3 DPG. Denne endringen i hemoglobinetts affinitet har blitt oppkalt etter personen som oppdaget den, Christian Bohr (Bohr, Hasselbalch, & Krogh, 1904; McArdle et al., 2006; Nielsen, 2003). Bohr-effekten medfører som nevnt tidligere at O_2 lettere blir avgitt fra Hb til blant annet arbeidende muskulatur ved et gitt partialtrykk for O_2 . Som nevnt tidligere kan det tenkes at slik økt frigjøring av O_2 kan ha en stor betydning for aerob utholdenhetsprestasjon som følge av oppvarming sammenlignet med ingen oppvarming.

Mitokondriell oksidativ fosforylering blir ofte omtalt som en hastighetsbegrensende faktor for aerob energimetabolisme. Økt temperatur har blitt foreslått å ha en positiv effekt på kjemiske reaksjoner i organismen (Febbraio, Carey, Snow, Stathis, & Hargreaves, 1996). En slik positiv effekt på de hastighetsbegrensende enzymene i mitokondriene har blitt vist ved økt T_m opp mot 44 – 45 °C (Koga, Shiojiri, Kondo, & Barstow, 1997). Dersom T_m overstiger 44 – 45 °C vil man normalt se et fall i enzymhastigheten, sannsynligvis som følge av termisk denaturering (P.-O. Åstrand et al., 2003) av de mitokondrielle enzymene. Da T_m i et dynamisk muskelarbeid ved normale ytre forhold sjelden overstiger 40 – 41 °C (Kenny et al., 2003) kan man

muligens anta at mitokondriell oksidativ fosforylering vil kunne fungere tilnærmet optimalt etter et oppvarmingsarbeid.

Økt T_m som følge av dynamisk muskelarbeid vil trolig også føre til noe redusert viskositet i sener og ledd (Buchthal, Kaiser, & Knappeis, 1944) og en økning i nerveledningshastigheten i arbeidene muskulatur (Binkhorst, Hoofd, & Vissers, 1977; Ranatunga, Sharpe, & Turnbull, 1987). Kunnskapen rundt disse faktorenes betydning for prestasjonen ved økt T_m under et utholdenhetsarbeid er begrenset og det er lite generell enighet om faktorenes betydning for prestasjon (Bishop, 2003a). Det er derfor vanskelig å gjøre seg opp en klar formening rundt betydningen av redusert viskositet i ledd og mulig økt nerveledningshastighets effekt på prestasjon i et intensivt utholdenhetsarbeid.

Som beskrevet i Kapittel 2.2.1.1 kan det se ut til at temperaturregulerte effekter (e.g. økt enzymaktivitet i arbeidende muskulatur, nedsatt stivhet i sener og muskulatur, økt nervekonduktet, høyreforskyvning av hemoglobinetts dissosiasjonskurve og omdirigering av blodstrøm til aktiv muskulatur) muligens kan ha en relativt stor positiv effekt for prestasjonen i et utholdenhetsarbeid hvor noen av faktorene trolig er mer bestemmende for utholdenhetsprestasjon enn andre.

2.2.1.2 Ikke-temperaturregulerte effekter

Oksygenopptak

Et av kroppens svar på aktivitet er en gradvis økning av VO_2 . Ved kontinuerlig aktivitet på en bestemt arbeidsbelastning under AT vil VO_2 først øke for så etter noe tid flate ut og stabilisert seg. Denne stabiliseringen av VO_2 kalles VO_2 steady-state og tilsier at det er tilnærmet balanse mellom VO_2 og energibehovet til aktiviteten. Når aktiviteten så opphører observerer man ofte at VO_2 ikke umiddelbart returnerer til hvileverdi (Benedict & Carpenter, 1910). Dette forhøyde VO_2 som følge av en aktivitet omtales normalt som «excess postexercise oxygen consumption» eller EPOC (Bahr, 1992; Borsheim & Bahr, 2003; Andrew M. Jones & Poole, 2005).

EPOC ble lenge hevdet primært å komme som følge av en tilbakebetaling av et opparbeidet O_2 -underskudd etter et utført arbeide (A. V. Hill & Lupton, 1923), da spesielt med tanke på de laktaside og alaktaside komponentene et O_2 -underskudd vil føre med seg (A.V. Hill, 1924; Margaria, Edwards, & Dill, 1933). I senere tid har det

blitt observert EPOC selv ved hvileverdier for $[La^-]$ i skjelettmuskulaturen og i blodet (Bahr, 1992; Gaesser & Brooks, 1984). Mye kan derfor tyde på at det er flere mekanismer enn tilbakebetaling av et O_2 -underskudd relatert til laktasid og alaktasid komponenter som er årsaken til EPOC. Eksempler på slike mekanismer kan være økt kroppstemperatur som følge av aktivitet og/eller økte hormonnivåer (Gaesser & Brooks, 1984) i tiden etter et arbeid.

Resyntese av høyenergifosfatlagre etter en aktiv oppvarming har blitt foreslått å kunne være en annen årsak til at EPOC finner sted. Dette forklares ved at det i en aktiv oppvarming vil være et forbruk av de intramuskulære lagrene av kreatinfosfat (KF) og adinosin trifosfat (ATP) og hvor størrelsen på forbruket avhenger av oppvarmingens intensitet og varighet (Knuttggen & Saltin, 1972). Et slikt forbruk vil føre til at de intramuskulære lagrene av høyenergifosfater reduseres og en resyntese er nødvendig for å gjenopprette konsentrasjonen av KF og ATP til tilnærmet hvileverdi. Slik resyntese etter et arbeid vil kreve O_2 og på bakgrunn av dette kan man måle et forhøyet VO_2 i en periode etter avsluttet aktivitet. Tiden det tar muskulaturen å resyntetisere KF er forholdsvis kort og konsentrasjonen vil trolig være tilnærmet hvileverdi i løpet av få minutter (~5 minutter) (Harris et al., 1976), resyntesen av ATP skjer derimot i løpet av sekunder (<15 sekunder) (Ruch & Patton, 1973). I en studie av Burnley et al. (2001) ble resyntesen av KF studert etter et intensivt arbeid (sykling på ergometersykel med belastning tilsvarende 85 % av VO_{2maks}). I studien ble det observert et økt VO_2 6 minutter etter avsluttet aktivitet. Ved å gjenta målingene av VO_2 12 minutter etter avsluttet aktivitet fant Burnley et al. (2001) et VO_2 tilsvarende hvileverdier målt før det intensive arbeidet. Denne returen av VO_2 tilbake til hvileverdi kan tyde på at energilagrene i muskulaturen har blitt gjenopprettet. I en lignende studie gjort på quadricepsmuskulaturen ble det observert en reduksjon i [KF] fra hvileverdi på henholdsvis 14 og 23 % de første 5 og 15 sekundene ut i et kneekstasjonsarbeide (3 minutter med belastning på 66 watt). Etter gjennomført arbeid hadde [KF] gått fra en hvileverdi på $79,8 \pm 3,8 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tørrvekt) til $23,6 \pm 11,3 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tørrvekt) etter arbeidet. I studien ble det også funnet en total resyntese av KF sammenlignet med hvileverdi 6 minutter etter avsluttet aktivitet (Bangsbo, Krstrup, Gonzalez-Alonso, & Saltin, 2001). I studiene av Burnley et al. (2001) og Bangsbo et al. (2001) var det et begrenset utvalg (Burnley et al.: N = 9, Bangsbo et al.: N = 6) og resultatet kan tenkes å ha blitt noe påvirket av dette. Metodisk er begge studier godt gjennomført med høy

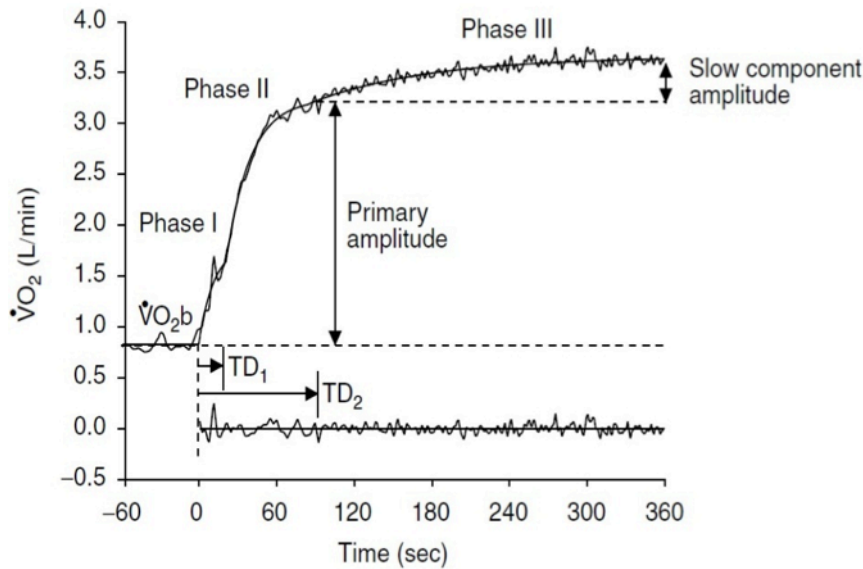
reliabilitet og validitet. Med forbehold om at det begrensede utvalget ikke hadde noen nevneverdig effekt på resultatet bekrefter resultatene fra begge studier resyntese som en av flere mulig årsak for EPOC.

På bakgrunn av tiden det tar muskulaturen å resyntetisere høyenergifosfater etter et arbeid kan det være rimelig å anta at en oppvarming etterfulgt av en pause vil være hensiktsmessig med tanke på utholdenhetsprestasjonen i et etterfølgende arbeid. Det kan derfor være en fordel for idrettsutøvere å ha en tilstrekkelig lang nok pause mellom en oppvarming og en konkurranse (Varigheten på en slik pause vil bli tatt opp i avsnitt 2.2.2).

O₂-opptakets forløp

VO₂-opptaket har ved submaksimale belastninger under AT et karakteristisk forløp som normalt øker proporsjonelt med arbeidsbelastningen organismen utsettes for. Ved en bestemt eller konstant belastning under AT vil normalt VO₂ øke eksponentielt fra et utgangsnivå og opp til et stedy-state nivå. Når VO₂ har nådd stedy-state kan man normalt sette VO₂ i direkte proporsjon med mengden energi det utførte arbeidet krever for å opprettholde aktiviteten.

Litteraturen (Andrew M. Jones & Poole, 2005; Xu & Rhodes, 1999) deler normalt VO₂-forløpet i starten av et arbeid inn i tre ulike faser hvor den første fasen går fra 0 til 15/25 sekunder ut i arbeidet. I denne første fasen (VO_{2F1}) stiger VO₂ raskt og betydelige deler av energifrigjøringen i VO_{2F1} vil normalt skje anaerobt (Krogh & Lindhard, 1913). Hovedårsaken til det anaerobe bidraget i VO_{2F1} er en forsinkelse mellom O₂-kravet og O₂-leveransen til arbeidende muskulatur (Gerbino, Ward, & Whipp, 1996; Andrew M. Jones & Poole, 2005). Den andre fasen (VO_{2F2}) strekker seg fra 15/25 til 180 sekunder ut i arbeidet. Som vi kan se av **Figur 2.2** er økningen i VO₂ i VO_{2F2} ca. like rask som i VO_{2F1}, men VO₂ flater noe av mot siste del av VO_{2F2}. Dette tyder normalt på at kroppen har oppnådd en tilnærmet likevekt mellom O₂-krav og O₂-leveransen i løpet av VO_{2F2}. Likevekten fører til økt O₂ leveranse til arbeidende muskulatur og hovedvekten av energifrigjøringen vil normalt skje aerobt mot slutten av VO_{2F2}. Selv om store deler av energifrigjøringen skjer aerobt vil det til en hver tid være en liten andel anaerob energifrigjøring.



Figur 2.2: Viser en grafisk fremstilling av $\dot{V}O_2$ forløpet i et 6 minutters intensivt arbeid. Phase I representerer $\dot{V}O_{2F1}$, Phase II representerer $\dot{V}O_{2F2}$, Phase III representerer $\dot{V}O_{2F3}$, $\dot{V}O_{2b}$ representerer $\dot{V}O_2$ i hvile og TD representerer tidsforløpet til $\dot{V}O_{2F1}$ og $\dot{V}O_{2F2}$. Figuren er hentet fra A. M. Jones, Koppo, and Burnley (2003).

Fase 3 ($\dot{V}O_{2F3}$) beskriver det området vi kaller steady-state. Ved steady-state er normalt $\dot{V}O_2$ nok til å dekke O_2 kravet i arbeidet som utføres forutsatt at arbeidet er under AT. $\dot{V}O_2$ -forløpet i $\dot{V}O_{2F3}$ kan falle noe utover i arbeidet dette fallet kan tyde på at det anaerobe arbeidet som ble utført i $\dot{V}O_{2F1}$ & $\dot{V}O_{2F2}$ har blitt "betalt" tilbake og at $\dot{V}O_2$ av den grunn blir noe redusert. I arbeid over AT vil man få en sakte økende $\dot{V}O_2$, som vist i **Figur 2.2**, denne sakte økningen i $\dot{V}O_2$ kalles $\dot{V}O_2$ -Slow Component. $\dot{V}O_2$ ved arbeidsbelastninger over AT vil bli belyst i avsnittet $\dot{V}O_2$ -Slow Component.

Et forhøyet grunnlinje $\dot{V}O_2$ i starten av et arbeid blir hevdet å være en av årsakene til økt prestasjon som følge av en aktiv oppvarming (Bishop, 2003a). Denne økte prestasjonen som følge av oppvarming blir hevdet å komme på bakgrunn av en reduksjon i tiden det tar organismen å oppnå en balanse mellom $\dot{V}O_2$ og energikravet i det aktuelle prestasjonsarbeid. Ved å redusere tiden det tar organismen å oppnå en tilnærmet likevekt mellom $\dot{V}O_2$ og arbeidskravet blir det antatt at det er mulig å redusere bidraget fra anaerobe prosesser i muskulaturen og på bakgrunn av dette redusere organismens forbruk av høyenergifosfater. En slik reduksjon vil kunne bidra til at en større mengde høyenergifosfater vil kunne være tilgjengelige mot slutten av det aktuelle arbeid og med det kan det tenkes at man vil kunne se en bedring i prestasjon. En mulig årsak til ett

slikt forhøyet grunnlinje VO_2 som følge av en aktiv oppvarming kan tenkes å være EPOC. Dersom EPOC er årsaken til det forhøyede VO_2 i starten av et arbeide vil det være rimelig å anta at høyenergifosfatlagrene i muskulaturen ikke vil være gjenopprettet tilbake til hvileverdi etter den aktive oppvarmingen. Dette vil således føre til at det etterfølgende arbeide påbegynnes med reduserte mengder høyenergifosfater i muskulaturen og med det mindre optimale forhold for økt prestasjon sammenlignet med uthvilt muskulatur (fulle energilagre). På en annen side kan EPOC som beskrevet tidligere også skyldes økt T_C eller økte hormonnivåer i organismen som følge av en aktiv oppvarming.

VO_2 -Slow Component

VO_2 forløpet på arbeidsbelastninger er som omtalt ovenfor ikke identisk over og under AT. Ved arbeid under AT har vi sett at O_2 forløpet er lineært med økende arbeidsbelastningen, noe som ikke er tilfelle for arbeid over AT. Arbeid over AT vil føre til et sakte økende VO_2 på en og samme belastning. Litteraturen kaller denne sakte økningen i VO_2 for VO_2 -Slow Component (VO_{2sc}) (A. M. Jones et al., 2011a; Andrew M. Jones & Poole, 2005). Flere har begrunnet denne sakte økningen i VO_2 over tid med et endret rekrutteringsmønster i muskulaturen. Årsaken til denne endringen i rekrutteringsmønster er at arbeid over AT trolig over tid vil føre til en delvis utmattelse av type I muskelfibre. Dette kan således resultere i en innerving av en større andel type II fibre for å kunne opprettholde intensitetene i arbeidet (Andrew M. Jones & Poole, 2005; Xu & Montgomery, 1995). Poole et al. (1994) antok på bakgrunn av dette endrede rekrutteringsmønsteret at VO_{2sc} kommer av type II fibernes mindre økonomiske arbeidsmåte. Da type II fibre trenger mer O_2 pr tidsenhet for å opprettholde den samme kraften ved lik forkortningshastighet som type I fibre (Crow & Kushmerick, 1982; Han, Proctor, Geiger, & Sieck, 2001; Willis & Jackman, 1994). En slik endring i VO_2 ved endret rekrutteringsmønster kan ha blitt observert ved sykling på sykkelergometer ved å modulere tråkkfrekvens og se på endringen i VO_2 ved konstant belastning. Ved å øke tråkkfrekvens fra 40 til 100 $rev \cdot min^{-1}$ ble det ikke observert noen signifikant endring i VO_2 . Ved en videre økning i frekvens fra 100 til 120 $rev \cdot min^{-1}$ ble det observert en økning i VO_2 selv om den relative ytre belastningen forble uforandret ved de ulike tråkkfrekvensene. Endringen i VO_2 kan derfor antas å komme av et endret rekrutteringsmønster i den aktive muskulaturen (Zoladz, Duda, & Majerczak, 1998; Zoladz, Rademaker, & Sargeant, 1995). Endret aktiveringsmønster har også blitt studert

ved å observere endring i [glykogen] i ulike fibertyper ved ulike arbeidsintensiteter. [glykogen] i de ulike fibertypene ble analysert etter et moderat ($\leq 50\%$ av VO_{2maks}) og et intensivt ($\geq 80\%$ VO_{2maks}) arbeid. I type I fibre ble det observert en nedgang i [glykogen] ved moderat og intensiv arbeidsbelastning. Mens lignende nedgang i [glykogen] kun ble observert i type II fibre dersom arbeidsbelastningen var intensiv ($\geq 80\%$ VO_{2maks}) (Krustrup, Soderlund, Mohr, & Bangsbo, 2004). Som i studien til Zoladz et al. (1998) kan også resultatene til Krustrup et al. (2004) være med på å støtte opp om synet på at et endret rekrutteringsmønster ved arbeidsbelastninger over AT eller i arbeid som krever høy forkortningshastighet. Dersom man tar teorien rundt endret aktiveringsmønster ett skritt videre å sammenligner endringen i VO_{2SC} hos utøvere som har en høy andel type II fibre i muskulaturen med utøvere som har en lavere andel type II fibre kan man muligens se en forskjell i VO_{2SC} . En representativ utøvergruppe med en høy andel type II fibre i muskulaturen vil være sprintere. Sprintere vet vi har en større andel type II fibre i muskulaturen sammenlignet med utøvere fra mindre eksplosive idretter (Jacobs, Esbjornsson, Sylven, Holm, & Jansson, 1987; Jansson, Esbjornsson, Holm, & Jacobs, 1990; Komi, Rusko, Vos, & Vihko, 1977). Marles, Mucci, Legrand, Betbeder, and Prieur (2006) observerte i sin studie en signifikant økning i VO_2 ved vedvarende intensivt arbeid over AT hos sprintere. Studien til Marles et al. (2006) har dessverre flere svakheter; den inneholder ingen kontrollgruppe; flere av resultatene som blir presentert er produkter av matematisk modellering; og videre fant forfatterne heller ingen sammenheng mellom VO_{2sc} og den sakte økningen i VO_2 man ser i arbeider over AT.

De eksakte årsakene til VO_{2SC} er ikke kjent og det er behov for mer forskning for å kunne komme nærmere en eller flere av årsaker til VO_{2SC} . Dersom man betrakter et endret aktiveringsmønster som en mulig årsak til VO_{2SC} kan man ved riktig valg av protokoll og belastning ved testing av VO_{2maks} muligens oppnå en høyere verdi for VO_2 dersom VO_{2SC} får utviklet seg tilstrekkelig i de siste minuttene av testen. Men for å kunne se en slik utvikling vil forsøksleders erfaring og påføring av belastning være avgjørende for resultatet til hvert enkelt individ. Det kan også se ut til at ulike fysiske forutsetninger (muskelfibersammensetning) også ligger til grunn for å kunne utvikle en betydelig VO_{2SC} .

2.2.2 Temperaturforandring som følge av ulik oppvarmingsintensitet og varighet

En økt T_m og T_C som følge av en aktiv oppvarming har vi sett kan føre til en rekke fysiologiske forandring som for eksempel økt enzymhastighet i arbeidende muskulatur, høyreforskyvning av hemoglobinetts dissosiasjonskurve, omdirigering av blodstrøm til aktiv muskulatur og endring i intramuskulær pH. Fra kroppen sin side er disse endringene ment på å forberede organismen på å yte best mulig i et påfølgende intensivt utholdenhetsarbeid. Og trolig vil en økning i T_m og T_C som følge av muskelaktivitet være medvirkende årsaker til bedret prestasjon i et intensivt utholdenhetsarbeid. Slik bedring i prestasjon som følge av oppvarming vil forutsette at oppvarmingen blir gjennomført med fokus på å øke T_C og T_m uten at temperaturøkningen går på for stor bekostning av de intramuskulære høyenergilagrene. Da en reduksjon i disse lagrene som trolig vil kunne føre til redusert prestasjon mot slutten av et intensivt utholdenhetsarbeid. På bakgrunn av dette vil varigheten og intensiteten på en oppvarming være viktige faktorer å ta hensyn til før et intensivt utholdenhetsarbeid.

Oppvarmingens varighet og intensitet er mye omdiskutert og i sin reviewartikkel anbefaler Bishop (2003b) en oppvarming på ca. 20 minutter med en intensitet tilsvarende 60 – 70 % av VO_{2maks} . Bishop (2003b) argumenterer med at denne typen oppvarming vil være tilstrekkelig til å øke individets T_C og med det også føre til andre temperatur- og ikke-temperaturregulerte effekter i kroppen uten å forbruke for store mengde av individets energilagere. En økning T_C som følge av en 20 minutters oppvarming er i samsvar med resultatene fra et arbeid av Kenny & Niedre (2002). I dette arbeidet rapporteres det om en temperaturendring i spiserøret fra henholdsvis 37 °C til 38 °C og 39,2 °C som følge av en 15 minutters lett (70 % av VO_{2maks}) og intensiv (93 % av VO_{2maks}) oppvarming med løp på tredemølle. I en studie av Skaugen (2012) ble ulike hvileintervaller etter en aktivoppvarming studert og det ble observert en endring i T_C fra 37,1 °C til 38,2 °C etter en aktiv oppvarming tilsvarende 65 % av VO_{2maks} i 20 minutter. Oppvarmingen i dette arbeidet inneholdt også tre stigningsløp med en varighet på 30 sekunder gjennomført med en intensitet tilsvarende 85 % av VO_{2maks} . T_C i studien til Skaugen (2012) ble målt ved avsluttet oppvarming før selve hvileintervallet ble initiert, på bakgrunn av dette bør T_C som blir oppgitt i studien gjenspeile temperaturendringene som har skjedd i organismen på en hensiktsmessig måte. I et tilsvarende arbeid av Kenny et al. (2003) varmet FP opp med et 15 minutters

kneekstensjonsarbeid tilsvarende 60 % av VO_{2maks} . Temperaturen målt i spiserøret i denne studien økte fra 37 °C før kneekstensjonsarbeidet til 37,7 °C etter kneekstensjonsarbeidet. Temperaturen i m.vastus lateralis økte fra ca. 36,2 °C før arbeidet til 38,1 °C ved en muskeldybde (M_D) på 10 mm, fra 35,8 °C til 38,2 °C ved M_D på 25 mm og fra 35 °C til 38,2 ved M_D på 40 mm etter arbeidet. Ved avsluttet aktivitet fant Kenny et al. (2003) en forhøyet temperatur i muskulaturen selv 60 minutter etter aktivitet. I likhet med anbefalingene til Bishop (2003b) bruker Kenny & Niedre (2002), Skaugen (2012) og Kenny et al. (2003) 15 – 20 minutter som oppvarming i sine forsøk. Temperaturendringene som blir oppgitt i disse tre ulike studiene kan tyde på at 15 – 10 minutter vil være tilstrekkelig med tid for å øke T_m og T_C til et nivå hvor andre temperatur- og ikke-tempereturregulerte endringer vil skje i kroppen og med det bedre forhold for prestasjon i et intensivt utholdenhetsarbeid. Ut fra de resultater fra de overnevnte arbeider (økt T_m/T_C) går det fram at den økte T_m vil holde seg på et forhøyet nivå i forhold til hvileverdi i 20 – 30 minutter eller lengre selv etter en relativt kort oppvarming (>20 minutter). Forhold rundt nedgang i T_m og T_C vil bli nærmere belyst i neste avsnitt.

Den forhøyede T_m som følge av oppvarming i studien til Kenny et al. (2003) er i samsvar med resultatene fra flere andre studier (R. Carter, 3rd, Wilson, Watenpaugh, Smith, & Crandall, 2002; Kenny, Giesbrecht, & Thoden, 1996; Kenny, Reardon, Thoden, & Giesbrecht, 1999; Kim, Ghim, & Lee, 2008; Thoden, Kenny, Reardon, Jette, & Livingstone, 1994). Selv om mange bekrefter en økt kroppstemperatur i en periode etter endt oppvarming er det uenighet om hvor lenge kroppstemperaturen holder seg høyere enn på hvilenivå. I arbeidet til Kenny & Niedre (2002) falt kroppstemperaturen tilbake til hvilenivå 15 minutter etter avsluttet oppvarming. Et lignende resultat har også blitt observert i en studie av Saltin, Gagge, & Stolwijk (1970). Arbeidsbelastningen i denne studien var på henholdsvis 25 %, 50 % og 75 % av VO_{2maks} med en varighet på ca. 30 minutter og de ulike forsøkene ble utført løpende på tredemølle med varierende omgivelsestemperatur (10 °C, 20 °C og 30 °C). Kroppstemperaturen til FP i denne studien returnerte til hvileverdi 10 – 15 minutter etter opphørt aktivitet ved romtemperaturer ved både 10 °C og 20 °C. Årsakene til den raske nedgangen i kroppstemperatur i studiene til Saltin et al. (1970) og Kenny & Niedre (2002) kan være mange. I arbeidet til Saltin et al. (1970) ble resultatene kun fremstilt grafisk, noe som gjør det vanskelig å bestemme de målte temperaturer nøyaktig. Oppvarmingen i studien

av Kenny & Niedre (2002) førte kun til en økning i T_m på 0,3 °C fra hvileverdi, en økning som kan betraktes som relativt beskjeden og kan være årsaken til den raske returen tilbake hvileverdi. Det kan se ut til at T_C og T_m holder seg stabilt noe over hvileverdi i en periode (10 – 15 minutter) eller lengere etter opphørt aktivitet. Det kan på bakgrunn av dette se ut til at temperaturregulerte faktorer i kroppen normalt være aktive selv etter en hvileperiode på 20 – 30 minutter.

Tar man utgangspunkt i anbefalingene til Bishop (2003b) (ca. 20 minutter ved 70 % av VO_{2maks}) kan det se ut til at en oppvarming med en varighet på 15 – 20 minutter og med en intensitet på ca. 70 % av VO_{2maks} vil være tilstrekkelig dersom målet er å oppnå en forhøyet T_C og T_m i forhold til hvileverdi og med størst mulig sparing av energi før et prestasjonsarbeid.

2.3 Oppsummering

Oppvarming har blitt vist å ha en positiv effekt på prestasjon, men derimot er det lite generell enighet rundt strukturen av en oppvarming som vil føre til best mulig ytelse i et prestasjonsarbeid. En oppvarming bør være tilstrekkelig lang nok til å føre til endringer i ulike temperatur og ikke-temperaturregulerte faktorer, men på den annen side bør oppvarming ikke være så lang eller intensiv at den fører til redusert ytelse i et etterfølgende intensivt utholdenhetsarbeid. Det kan derfor tenkes at en oppvarming i form av en laktatprofiltest kan føre til en reduksjon i prestasjon sammenlignet med en mindre intensiv form for oppvarming. Etter hva forfatteren har kunnet bringe på det rene er det få eller ingen andre arbeider som har sett på en laktatprofils effekt på prestasjon sammenlignet med en mindre intensiv form for oppvarming. Hensikten med det foreliggende arbeidet er derfor å se nærmere på effekten et langvarig intensivt utholdenhetsarbeid har på prestasjon.

3 Metode

Datainnnsamlingen ble gjennomført ved fysiologisk laboratorium på Norges Idrettshøgskole i tidsrommet september 2011 til januar 2012. En gruppe (N=12) godt utholdenhetstrete utøvere fra ulike idrettsgrener ble testet med forskjellige typer oppvarming før en maksimal prestasjonstest. Tid til utmattelse og VO_{2maks} oppnådd i en prestasjonstest ble satt som mål på prestasjon etter hver av de ulike oppvarmingsintervensjonene. Studien ble søkt godkjent av Regional etisk komite (Vedlegg 1) og rekruttering av forsøkspersoner ble iverksatt snarest etter mottatt godkjenning (Vedlegg 2). Forsøkspersoner ble rekruttert ved hjelp av bekjentskaper. Data og personopplysninger innhentet i studien ble anonymisert, og retningslinjene lagt ned av Datatilsynet sitt regelverk ble fulgt ved lagring og oppbevaring av data.

3.1 Metodevalg og design

3.1.1 Studiedesign

Studien ble gjennomført som et blindet randomisert kontrollert studie. Hver FP gjennomførte i alt tre tester som krevde oppmøte på laboratoriet. Forsøkene besto av oppvarmingsintervensjon før en måling av VO_{2maks} (nærmere beskrevet i punkt 3.3.1). Rekkefølgen på oppvarmingene ble randomisert mellom tre ulike intervensjoner, bestående av en laktatprofiltest, en intensiv laktatprofiltest og en rolig standardisert oppvarming (oppvarmingsintervensjonene er nærmere beskrevet i henholdsvis punkt 3.3.1 - 3.3.3).

3.1.2 Forsøkspersoner (FP)

12 menn i alderen 18 – 32 år ble rekruttert til studien. Ved rekruttering ble det lagt vekt på følgende punkter; god aerob kapasitet og erfaring med løp på mølle. Alle FP fikk tilsendt et informasjonsskriv før oppstart av datainnnsamlingen (Vedlegg 3), hvor de ble informert om fordeler og ulemper ved deltagelse i studien. FP hadde til en hver tid muligheten til å trekke seg fra studien uten å måtte oppgi noen årsak til frafallet. Det ble samlet inn samtykkeerklæring fra alle FP før studiestart (Vedlegg 3). I løpet av studiet ble en FP ekskludert grunnet manglende evne til å gjennomføre forsøksprotokoll på anvist måte (se punkt 3.1.2.2).

Tabell 3.1: Tabellen viser antropometriske data (alder, høyde, vekt), VO_{2maks} og HF_{peak} for alle inkluderte FP (n=11). Dataene er oppgitt som gjennomsnitt \pm 1SD og med variasjonsbredde.

FP (n=11)	Alder (år)	Høyde (cm)	Vekt (kg)	VO_{2maks} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	HF_{peak} (slag $\cdot min^{-1}$)
Gjennomsnitt	25 \pm 4,4	184 \pm 4,7	74 \pm 7,0	71 \pm 5,6	191 \pm 9,6
Variasjonsbredde	18 - 32	178 - 193	63 - 83	60,7 - 80,5	169 - 202

3.1.2.1 Inklusjonskriterier

For inklusjon i studien ble en nedre grense for oppnådd VO_2 i prestasjonstestene satt til $55 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Det ble satt en aldersbegrensning på 18 – 40 år.

3.1.2.2 Eksklusjonskriterier

Gjennomføring av hard fysisk aktivitet 24 timer før test, bruk av sentralstimulerende midler (nikotin, alkohol eller andre former for prestasjonsfremmende midler) 24 timer før test eller manglende evne til å gjennomføre testene på anvist måte førte til eksklusjon. Som tidligere nevnt ble én FP ekskludert grunnet manglende evne til å gjennomføre test.

3.1.3 Pilotstudie

Det ble gjennomført to pilotstudier før hoved datainnsamlingen startet. Protokoller og utstyr ble testet på to personer før oppstart av hovedprosjektet. Eventuelle endringer av protokoller ble gjort etter gjennomføring av pilottest 1, og tester på ny i pilottest 2. Endelige endringer ble gjort før oppstart av hovedstudien. Data fra pilotstudien vil ikke bli inkludert i resultatene.

3.1.4 Statistiske beregninger

Dataene samlet inn i studien ble analysert ved hjelp av Microsoft Excel 2010 og IBM SPSS Statistics Versjon 19. Et gjennomsnitt ble benyttet som sentralmål. Datamaterialet i studien ble vurdert til å være tilnærmet normalfordelt, og det ble derfor benyttet en paret t-test og enveis ANOVA for å måle variasjon og se på likhet mellom intervensjonene. Signifikansnivå på $p < 0,05$ ble definert som statistisk signifikant forskjell og $p < 0,01$ som høy signifikant forskjell.

3.2 Utstyr

3.2.1 Oksygenopptak

VO₂ og R verdier ble målt ved bruk av et Oxycon Pro (Jeager-Toennis Instr. Hochberg, Tyskland). Før hvert forsøk ble apparatet manuelt kalibrert for volum ved hjelp av en kalibreringspumpe med ett kjent volum på tre liter (Calibration Syringe, series 5530, Hans Rudolph Inc., MO, USA). Kalibrering av atmosfærisk trykk og temperatur gjøres for å bestemme hvor «tykk» luften til en hver tid er. Kalibrering av O₂ analysatoren gjøres ved å benytte en blanding av luft med en kjent sammensetning, henholdsvis 14,93 % O₂ og 5,99 % CO₂. For så å sammenligne denne med romluft som har en sammensetning på henholdsvis 20,49 % O₂ og 0,04 % CO₂. Kalibrering ble gjennomført før hvert forsøk, ved mistanke om feil eller ved behov.

I forsøkene blir ekspirert luft fra FP ledet gjennom et to-veis munnstykke (Hans Rudolph Inc., MO, USA) gjennom en tilførselsslange til et miksekammer (Jeager-Toennis). En nesklype hindret FP fra å puste gjennom nesen og ut i luften.

Miksekammer ble brukt for å få et mer stabilt og valid gjennomsnitt av den ekspirerte luften. Den ekspirerte luften ble ledet gjennom miksekammeret hvor O₂ og CO₂ konsentrasjonen ble målt kontinuerlig. Volumet av den ekspirerte luften ble målt med en turbin (TripleV volum transducer) festet til miksekammeret. En volumturbin har en målingsusikkerhet på < 2 %. Den totale måleusikkerheten ved ergospirometriske målinger ligger i følge Åstrand et al. (2003) på ca. ± 3 %.

3.2.2 Laktatanalysator

Alle forsøksintervensjoner i studien innebar for FP et minimum av to laktatmålinger. Ved laktatmåling blir en blodprøve tatt fra en eller fler av FPs fingre. Før huden ble punktert ble den aktuelle finger vasket med destillert vann. Huden ble så punktert ved hjelp av en Accu-Check (Safe-T-Pro Plus, Mannheim, Tyskland). For å unngå forurensende målinger ble de første bloddråpene tørket bort, og en blodprøve på 55 µl ble tatt ved hjelp av et kapillærrør (kapillærrøret inneholder antikoagulerende middel). En pipette (YSI modell 1501) ble bruk til å ekstrahere 20 µl blod fra kapillærrøret, blodet ble så injisert i et analyseapparat (YSI 1500 Sport, YSI incorporated, Yellow Springs Instrument CO, USA). Laktatanalysatoren har en måleusikkerhet på ± 2 % for laktat mellom 0 – 5 mmol·l⁻¹ og ± 3 % for verdier mellom 5 – 15 mmol·l⁻¹.

Laktatanalysatoren ble kalibrert før hvert forsøk, ved mistanke om feilmåling eller ved behov. Kalibrering gjøres ved å injisere et medium med kjent $[La^-]$ ($5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$), og dersom verdiene for $[La^-]$ ved kalibrering ikke lå innenfor $4.95 - 5.05 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ble en ny kalibrering gjennomført. Det ble regelmessig gjort sjekk mot en løsning med $15 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ for å sjekke apparatets linearitet ved høye La^- verdier.

Alle blodprøver som ble innsamlet i løpet av studien ble umiddelbart etter tagging analysert for laktat. Resterende blod ble umiddelbart destruert.

3.2.3 Diverse

Alle forsøk ble gjort ved løp på mølle, tredemøllen som ble brukt i forsøkene er av typen Woodway modell ELG200 Sport (Woodway, Weil am Rhein, Tyskland). Vinkelen og hastigheten på tredemøllen blir regelmessig kontrollert og kalibrert av servicepersonell. Alle FP ble veid før hvert enkelt forsøk, vekten som ble brukt var av merket Seca 877 (Medical Scales and Measuring Systems, Seca gmbh & co. Tyskland). Det ble trukket fra 300g på anvist vekt for å kompensere for klærne FP hadde på seg under veiing.

For å registrere HF under testen ble det benyttet en pulsklokke av typen RS400 fra Polar Oy (Finland) som i følge håndboken har en feilmargen på ca. $\pm 1 \%$. HF data ble behandlet i Polar ProTrainer 5.

3.3 Datainnsamling

Forsøkspersonen i studien gjennomførte i alt 3 intervensjoner over en 4 ukers periode. Hvor oppmøtedag 1 & 2 besto av en laktatprofiltest og en måling av $VO_{2\text{maks}}$. Dag 3 innebar en standardisert rolig oppvarming ($50-60 \%$ av $VO_{2\text{maks}}$) før en måling av $VO_{2\text{maks}}$. Det blir målt VO_2 , HF, $[La^-]_{bl}$, R og tid til utmattelse ved alle forsøk.

Intervensjonene ble randomisert, og FP fikk opplyst ved oppmøte om forestående testprotokoll. Alle intervensjoner vil bli nærmere forklart i de neste avsnittene. Løp på mølle ble benyttet på alle tester, med en standardisert helningsvinkel på $5,3 \%$.

Ved alle oppmøter på laboratoriet ble FP instruert i hva dagens test innebar og fikk anledning til å stille spørsmål til forsøksleder. Deretter ble FP veid uten sko, pulsbelte ble montert og en samtykkeerklæring (Vedlegg 3) ble undertegnet ved første oppmøte på laboratoriet.

3.3.1 Dag 1: Normal laktatprofiltest med VO_{2maks} (NAT)

3.3.1.1 Laktatprofiltest

En laktatprofiltest gjennomføres for å kartlegge FPs submaksimale oksygenforbruk, hjertefrekvens og laktatproduksjon / eliminasjon ved progressivt økende arbeidsbelastning.

Forsøket ble innledet med en 10 minutters oppvarmende arbeidsperiode med en belastning tilsvarende 50 – 55 % av FPs VO_{2maks} . I tidsrommet fra 7. til 9. minutter ble det foretatt en måling av VO_2 . Hjertefrekvens ble registrert gjennom hele profiltesten, og et gjennomsnitt for måleperioden (7. til 9. minutt) ble brukt til å finne gjennomsnittlig hjertefrekvensen for perioden. Etter 10 minutter stilte FP seg med bena på hver side av møllen og en blodprøve ble tatt innen 30 sekunder. Blodprøven ble umiddelbart analysert for laktat for så å bli destruert.

Etter oppvarmingen gjennomførte FP fire til seks submaksimale arbeidsperioder hvor hver arbeidsperiode hadde en varighet på fem minutter med gradvis økende arbeidsbelastning. Hver arbeidsperiode ble etterfulgt av en pause på 30 sekunder hvor en blodprøve ble tatt og hastigheten på mølla ble justert opp med $1 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$. VO_2 ble målt i løpet av hver arbeidsbelastning, dette ble gjort mellom minutt 2 og 4. Hjertefrekvens ble registrert fra minutt 3. til 5, og et gjennomsnitt for perioden ble regnet ut. Stadig økende arbeidsbelastninger ble gjennomført til FP oppnådde en $[La^-]_{bl}$ som var $\geq 1,5$ mmol over gjennomsnittet av de to første laktatmålingene (oppvarming + første arbeidsperiode). FP påbegynte etter hver 30 sekunders pause en ny arbeidsbelastning, dette ble gjort for ikke å avbryte forsøket dersom $[La^-]_{bl}$ ikke oversteg den forutbestemte verdi ($1,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1} + \bar{x}$). Dersom $[La^-]_{bl}$ hadde oversteget den forutbestemte verdi ble den nye arbeidsbelastningen avbrutt og FP ble instruert i å slutte å løpe. Slik avbrytelse gjøres for ikke å ha for stor effekt på etterfølgende makstest.

3.3.1.2 Måling av VO_{2maks}

Forsøkene ble gjennomført 5 minutter etter avsluttet laktatprofiltest. Utgangshastigheten som ble brukt på alle forsøkene var tilsvarende hastigheten ved nest siste arbeidsbelastning i laktatprofiltesten. Testen ble gjennomført som en trappe-test med trinnvis økende belastning hvert minutt. Økningen i belastning var på $1 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ pr minutt, mot slutten av testen fikk FP muligheten til å øke belastningen med $0,5 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ eller

fortsette å løpe på samme belastning til utmattelse. FP ble forespurt 40 – 45 sekunder ut i hvert påbegynte minutt om en økning i belastningen var gjennomførbar.

Ved hver økning fulgte forsøksleder med på vitale variabler som VO_2 , R og HF for å ha bedre kunne forutsi når FP nærmet seg utmattelse.

Håndsignaler ble brukt for å signalisere til forsøksleder, disse signalene ble instruert til FP før start. Dersom FP signaliserer at dette var mulig ble belastningen økt. Signaliserte FP at en økning ikke ville være mulig fortsatte man med samme belastning til utmattelse. FP ble instruert før start i å kunne opprettholde siste belastning i minimum 1 minutt, dette blir gjort for å forsøke å oppnå stabile og valide målinger av VO_2 . Forsøket ble avsluttet ved voluntær utmattelse eller avbrutt av forsøksleder dersom VO_{2maks} hadde en negativ tendens ved stadig økende belastning. VO_{2maks} testene hadde normalt en varighet på 4 – 6 minutter.

Kriterier for oppnådd VO_{2maks} ble satt til:

1. Tydelig avfatning eller noe nedgang i VO_2 ved fortsatt økende arbeidsbelastning.

Hjelpekriterier for oppnådd VO_{2maks} :

1. Respiratorisk utvekslingskvotient (R) på 1,05 – 1,20.
2. Blodlaktat $[La^-]_{bl}$ 7 – 8 $mmol \cdot l^{-1}$ etter avsluttet test.
3. En HF ($slag \cdot min^{-1}$) tilsvarende 97 % av HF_{maks} .

VO_{2maks} ble satt til å være gjennomsnittet av de to høyeste målingene. Høyeste registrerte HF ble satt som HF_{maks} .

3.3.2 Dag 2: Intensiv laktatprofiltest med VO_{2maks} (IAT)

Laktatprofil gjennomføres med lik protokoll som dag 1, med unntak av kriterium for avbrytning. Testen ble avsluttet etter at FP hadde løpt én belastning mer enn hva som ville vært naturlig dersom kriteriet for avslutning var «utgangslaktat + 1,5 $mmol \cdot l^{-1}$ ». Den ekstra belastningen hadde en varighet på 5 minutter og en økning i hastighet på 1 $km \cdot t^{-1}$ fra forrige belastning.

Måling av VO_{2maks} ble gjort som beskrevet i punkt 3.3.1.2.

3.3.3 Dag 3: Rolig jogg med VO_{2maks} (RJ)

FP gjennomfører 20 minutter rolig jogg som tilsvarte ca. 55 % av VO_{2maks} før en måling av VO_{2maks} som beskrevet i punkt 3.3.1.2. FP fikk 5 minutters pause mellom oppvarming og måling av VO_{2maks}, hvor en måling av [La⁻]_{bl} ble gjennomført umiddelbart etter avsluttet oppvarming.

3.3.4 Standardisering

Forsøkspersonen ble oppfordret til å forberede seg likt til alle testdager. Det ble passet på at FP prøvde å gjennomføre lik trening / hvile dagen før hver test, inntaket av mat / væske var tilnærmet likt ved hvert forsøk og at bruk av klær / sko var like på hver test. Det ble ikke gjort annet enn en muntlig kontroll ved oppmøte. Så lenge det lot seg gjøre ble forsøkene gjennomført i samme tid på døgnet for alle FP. Alle forsøk ble gjennomført med minimalt 2 dagers mellomrom og maksimalt 7 dagers mellomrom for hver enkelt FP.

Måleutstyr på laboratoriet ble kalibrert før hver test eller dersom det var mistanke om feilmålinger. Ved mistanke om feil på målt resultat, begynnende sykdom m.m. ble FP tilbudt en utsettelse eller mulighet for nytt forsøk. Alle tester ble gjennomført med samme testleder og med lik «oppmuntring».

3.3.5 Forsøkspersonenes sikkerhet

Da alle testene i forsøket er veldig intensive, var det viktig å ha FPs sikkerhet i fokus. Ved sykdom eller eventuelle andre uforutsette hendelser fikk FP mulighet til å gjennomføre testen ved en annen anledning. FP ble informert om frivillig deltagelse før oppstart, og kunne til en hver tid trekke seg fra forsøkene uten å oppgi noen grunn for dette. Blodprøver til analyse av [La⁻] som ble tatt av FP ble destruert rett etter analyse. Koder ble benyttet for å identifisere hver enkelt forsøksperson. Dette for å ivareta FPs sikkerhet og anonymitet.

4 Resultater

4.1 VO_{2maks} oppnådd under prestasjonstestene

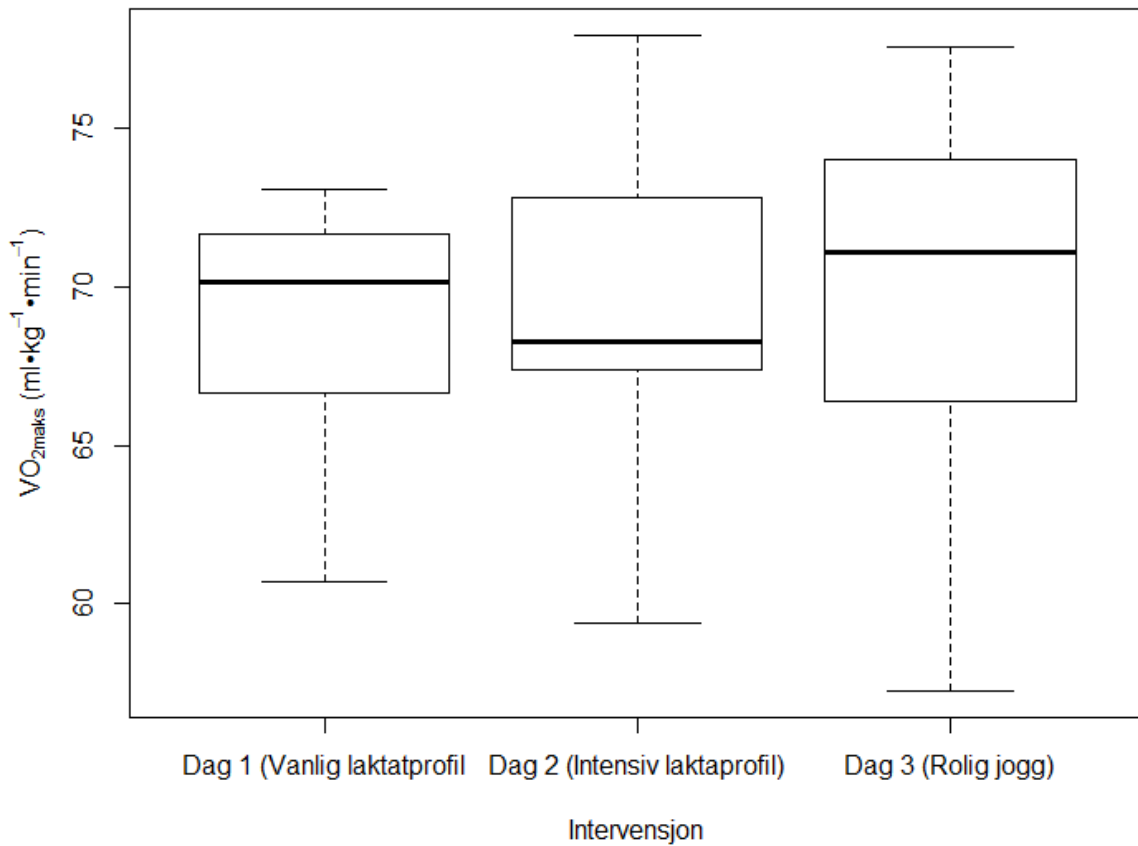
Det ble ikke målt noen signifikant forskjell i VO_{2maks} på prestasjonstestene ved dag 1 ($69,9 \pm 5,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), 2 ($70,0 \pm 5,3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) eller 3 ($70,6 \pm 6,0 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$).

N = 11 dersom ingenting annet blir opplyst.

Tabell 4.1: Viser VO_{2maks} ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) for hver enkelt FP i de ulike prestasjonstestene. Gjennomsnittlig $VO_{2maks} \pm 1$ standardavvik ($\bar{x} \pm 1SD$) samlet for alle forsøkspersoner blir oppgitt i nederste rad.

FP	VO_{2maks} oppnådd ved dag 1 ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	VO_{2maks} oppnådd ved dag 2 ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	VO_{2maks} oppnådd ved dag 3 ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)
1	70,7	72,8	74,1
2	73,1	77,9	77,6
4	64,5	66,4	66,4
5	72,8	73,7	75,1
6	71,7	70,8	71,0
7	70,0	68,1	71,2
8	66,7	67,4	65,8
9	70,3	68,5	71,9
10	68,0	67,4	68,1
11	60,7	59,4	57,3
13	80,5	77,3	77,9
$\bar{x} \pm 1SD$	$69,9 \pm 5,1$	$70,0 \pm 5,3$	$70,6 \pm 6,0$

Figur 4.1: Maksimalt Oksygenopptak i prestasjonstestene



Figur 4.1: Viser VO_{2maks} ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) oppnådd i prestasjonstestene etter de ulike oppvarmingsintervensjonene. Sort strek indikerer median for VO_{2maks} på den aktuelle intervensjon, boksen viser «1,5 · kvartilavvik» for målt VO_{2maks} , og maksimum / minimum verdi for oppnådd VO_{2maks} i intervensjonene er indikert med en tynn sort strek over og under boksene.

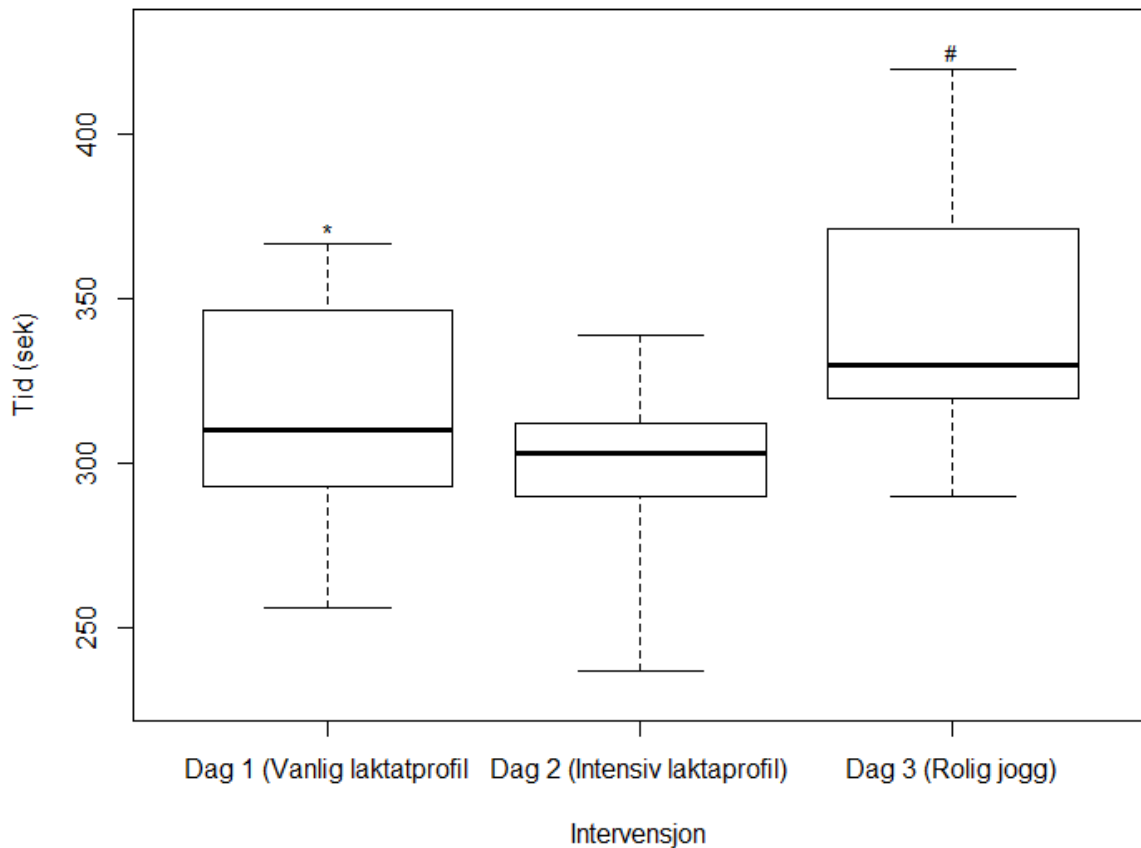
4.2 Prestasjon målt som tid til utmattelse (TTU) i sekunder

I prestasjonstestene ble det målt henholdsvis 29 og 46 sekunder lengre TTU etter oppvarmingsintervensjonen på dag 3 (344±38 sek) sammenlignet med dag 1 og 2 (315±37 sek og 298±31 sek). TTU var høysignifikant forskjellig ($p<0,01$) mellom dag 2 og 3. Det var også signifikant forskjell ($p<0,05$) i TTU mellom dag 1 sammenlignet med dag 2. Det ble ikke målt signifikant forskjell i TTU mellom dag 1 og 3.

Tabell 4.2: Viser TTU målt i sekunder ved prestasjonstestene dag 1, 2 og 3. * angir signifikant forskjell ($p<0,05$) i TTU mellom prestasjonstest dag 1 og 2, # angir høysignifikant forskjell ($p<0,01$) i TTU mellom prestasjonstest dag 2 og 3.

FP	Dag 1 (Vanlig laktatprofil)	Dag 2 (Intensiv laktatprofil)	Dag 3 (Rolig jogg)
1	270	302	330
2	256	250	310
4	304	280	380
5	320	310	374
6	367	330	330
7	310	300	330
8	304	310	369
9	282	237	290
10	348	339	340
11	361	315	310
13	345	303	420
$\bar{x}\pm 1SD$	315,2 ±37*	297,8 ±31	343,9 ±38#

Figur 4.2: Tid til utmattelse



Figur 4.2: Figuren viser tid til utmattelse i sekunder oppnådd i prestasjonstestene etter oppvarming for dag 1, 2 og 3. Sort strek indikerer median for TTU etter den aktuelle intervensjon, boksen viser «1,5 · kvartilavvik» for TTU og maksimum / minimum verdi for TTU i prestasjonstestene er indikert med en tynn sort strek over og under boksene. * angir signifikant forskjell ($p < 0,05$) mellom prestasjonstest dag 1 og 2, # angir høysignifikant forskjell ($p < 0,01$) mellom prestasjonstest dag 2 og 3.

4.3 Laktatkonsentrasjon i blod ($[La^-]_{bl}$) etter oppvarming og prestasjonstest

Det ble funnet en høysignifikant forskjell ($p < 0,01$) i $[La^-]_{bl}$ etter avsluttet oppvarmingsintervensjon mellom dag 1, 2 og 3 (henholdsvis $2,8 \pm 0,45$, $4,6 \pm 1,26$ og $0,6 \pm 0,19$ $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$). Etter endt prestasjonstest ble det målt en signifikant forskjell ($p < 0,05$) i $[La^-]_{bl}$ mellom dag 1 og 3. Det ble ikke funnet signifikant forskjell i $[La^-]_{bl}$ målet umiddelbart etter prestasjonstest mellom dag 1 og 2 eller dag 2 og 3.

Tabell 4.3: Viser målt $[La^-]$ ($\bar{x} \pm 1SD$) i blodet ($mmol \cdot l^{-1}$) ved endt oppvarming og prestasjonstest. * angir høysignifikant forskjell ($p < 0,01$) i $[La^-]_{bl}$ for endt oppvarming dag 1 sammenlignet med dag 2, ** angir høysignifikant forskjell ($p < 0,01$) i $[La^-]_{bl}$ for endt oppvarming dag 1 sammenlignet med dag 3, # angir høysignifikant forskjell ($p < 0,01$) i $[La^-]_{bl}$ for endt oppvarming dag 2 sammenlignet med dag 3 og ## angir signifikant forskjell ($p < 0,05$) i $[La^-]_{bl}$ for prestasjonstest dag 1 sammenlignet med dag 3.

	Dag 1 (Vanlig laktatprofil)	Dag 2 (Intensiv laktatprofil)	Dag 3 (Rolig jogg)
$[La^-]_{bl}$ ($mmol \cdot l^{-1}$) ved endt oppvarming	2,8 \pm 0,45	4,6 \pm 1,26*	0,6 \pm 0,19***#
$[La^-]_{bl}$ ($mmol \cdot l^{-1}$) ved endt prestasjonstest	6,7 \pm 1,20	7,3 \pm 0,98	8,0 \pm 1,03##

4.4 Submaksimal- og maksimal hjerterefrekvens (HF)

Det var ingen signifikant forskjell i HF_{maks} / HF_{peak} målt i prestasjonstestene ved dag 1, 2 eller 3 (henholdsvis 189 \pm 9,6, 188 \pm 10,3 og 189 \pm 9,4 slag \cdot min⁻¹). Gjennomsnittlig HF målt siste 5 minutter av oppvarmingen var høysignifikant ($p < 0,01$) lavere ved dag 3 (140 \pm 9,7) sammenlignet med dag 1 og 2 (henholdsvis 169 \pm 9,6 og 176 \pm 10,1 slag \cdot min⁻¹), det var ingen signifikant forskjell i gjennomsnittlig HF siste 5 min for dag 1 og 2.

Tabell 4.4: Tabellen viser gjennomsnittlig HF ($\bar{x} \pm 1SD$) (slag \cdot min⁻¹) for de siste 5 minutter av oppvarmingen og HF_{maks} / HF_{peak} ($\bar{x} \pm 1SD$) oppnådd i prestasjonstestene ved dag 1, 2 og 3. * angir høysignifikant forskjell ($p < 0,01$) for dag 1 & 2 sammenlignet med dag 3.

	Dag 1 (Vanlig laktatprofil)	Dag 2 (Intensiv laktatprofil)	Dag 3 (Rolig jogg)
Gjennomsnittlig HF siste 5 min (slag \cdot min ⁻¹)	169 \pm 9,6	176 \pm 10,1	140 \pm 9,7*
HF_{maks} / HF_{peak} (slag \cdot min ⁻¹)	189 \pm 9,2	188 \pm 10,3	189 \pm 9,4

4.5 Maksimal hastighet

Det ble målt signifikant høyere ($p < 0,05$) maksimal hastighet ($\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$) under prestasjonstesten etter oppvarming på dag 3 sammenlignet med dag 2. Det ble ikke observert noen signifikant forskjell i maksimal hastighet mellom dag 1 og 2 eller dag 1 og 3.

Tabell 4.5: Viser gjennomsnittlig utgangshastighet (Min) for alle FP, høyeste registrerte hastighet i prestasjonstesten (Maks) og gjennomsnittlig maksimal hastighet (Maks ($\bar{x} \pm 1SD$)) for alle FP (alle verdier er oppgitt i $\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$) som ble målt i prestasjonstestene dag 1, 2 og 3. * angir signifikant forskjell ($p < 0,05$) i gjennomsnittlig maksimal hastighet for alle FP ved dag 2 sammenlignet med dag 3.

	Hastigheter ($\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$) ved dag 1 (Vanlig laktatprofil)	Hastigheter ($\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$) ved dag 2 (Intensiv laktatprofil)	Hastigheter ($\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$) ved dag 3 (Rolig jogg)
Min	14,5	14,5	15,5
Maks	18,5	18	18,5
Maks ($\bar{x} \pm 1SD$)	16,8 \pm 1,17	16,7 \pm 1,15	17,3 \pm 0,98*

5 Diskusjon

Hensikten med det foreliggende arbeidet var å se på effekten av en normal laktatprofiltest (NAT) som oppvarming på prestasjon (VO_{2maks} og TTU) i et etterfølgende intensivt utholdenhetsarbeid til utmattelse. Videre ble resultatene fra det overnevnte forsøket sammenlignet med resultater fra to prestasjonstester som ble innledet med to ulike oppvarmingsintervensjoner (rolig jogg (RJ) og en intensiv laktatprofiltest (IAT)).

Studiens hovedfunn er at det som følge av tre ulike oppvarmingsintervensjonene ikke ble observert noen forskjell i oppnådd prestasjon målt som VO_{2maks} (se tabell 4.1) i de etterfølgende utholdenhetsarbeidene til utmattelse. På den annen side ble det observert en signifikant ($p < 0,01$) forskjell i TTU (se tabell 4.2) dersom det intensive utholdenhetsarbeidet ble innledet med NAT (TTU $315,2 \pm 37$ sekunder) sammenlignet med IAT (TTU $297,8 \pm 31$ sekunder), det ble også observert en sterk tendens ($p < 0,06$) til forskjell i TTU etter NAT som oppvarming sammenlignet med RJ (TTU $349,8 \pm 38$ sekunder). I likhet med resultatene fra TTU ble det etter de ulike former for oppvarming observert signifikant ($p < 0,01$ og $p < 0,05$) forskjellige verdier for HF (se tabell 4.4) og $[La^-]_{bl}$ (se tabell 4.3).

5.1 Diskusjon av resultater

5.1.1 Prestasjon (VO_{2maks} og TTU)

Et av hovedfunnene i det foreliggende arbeidet er at en langvarig oppvarming (>35 minutter) med høy arbeidsintensitet (siste 5 minutter = 85 % av VO_{2maks}) som kan føre til delvis utmattelse og høy $[La^-]_{bl}$ ($5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) ikke har noen nevneverdig innvirkning på individets evne til å oppnå VO_{2maks} i et etterfølgende utholdenhetsarbeid til utmattelse. Resultatene fra det foreliggende arbeidet viser at en oppvarming i form av en NAT førte til tilnærmet lik VO_{2maks} ($69,9 \pm 5,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) sammenlignet med en RJ ($70,6 \pm 6,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) eller en IAT ($70,0 \pm 5,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) i et etterfølgende utholdenhetsarbeid til utmattelse. Det kan være mange årsaker til en uforandret VO_{2maks} i prestasjonstestene etter de ulike oppvarmingsintervensjonene. FP som ble benyttet i det foreliggende arbeidet bestod i hovedsak av godt utholdenhetstrente idrettsutøvere ($\bar{x}VO_{2maks}$ $70,0 \pm 5,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), og alle FP hadde erfaring fra ulike konkurranseformer (løp, langrenn og orientering). Det kan tenkes at slik erfaring fra utmattende konkurranser har gjort FP kjent med den følelsen det er å presse kroppen

mot det maksimale etter å ha gjennomført et forutgående langvarig og intensivt arbeid. Hadde forsøket blitt gjennomført på mindre trente individer uten den samme konkurranseerfaringen kan det tenkes at FP ville ha måttet gi seg før VO_{2maks} var nådd. Det kan også tenkes at mindre trente FP heller ikke ville vært i stand til å gjennomføre hele oppvarmingen som ble benyttet i det foreliggende arbeidet og at utmattelse ville inntruffet før prestasjonstesten ble påbegynt. På den annen side kan det tenkes at en delvis utmattelse av muskulaturen muligens vil kunne være en forutsetning for å kunne nå VO_{2maks} . Dette blant annet på bakgrunn av endring i muskelfibrenes rekrutteringsmønster som følge av en delvis utmattelse av type I fiberne og derpå følgende økt rekruttering av type IIa fibre som har en mindre økonomisk arbeidsmåte. Slik utmattelse og derpå følgende endring i rekrutteringsmønster blir av enkelte hevdet (Andrew M. Jones & Poole, 2005; Poole, 1994; Xu & Montgomery, 1995) å kunne føre til en endring i VO_2 -forløpet i et intensivt utholdenhetsarbeid som følge av en intensiv oppvarming. Et endret VO_2 -forløp gjør seg spesielt gjeldende for VO_{2SC} , hvor man etter en intensiv oppvarming har observerer en redusert amplitude for VO_{2SC} . En reduksjon i VO_{2SC} -amplituden kan vær en av årsakene til at FP vil kunne være i stand til å nå en tilnærmet lik verdi for VO_{2maks} selv ved en lavere ytre belastning. I det foreliggende arbeidet ble det observert en signifikant ($p < 0,05$) nedgang i den ytre belastningen ved slutten av det intensive utholdenhetsarbeidet etter IAT ($16,7 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$) sammenlignet med RJ ($17,3 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$). Det var også en sterk tendens ($p < 0,06$) til redusert ytre belastning etter NAT ($16,8 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$) sammenlignet med RJ. Denne reduksjonen i ytre belastningen kan være med på å underbygge teorien om et endret rekrutteringsmønster som en mulig årsak til den uforandrede VO_{2maks} som ble observert i det foreliggende arbeidet. På den annen side er det lite enighet i litteraturen (A. M. Jones et al., 2011b) om hvilken effekt et endret rekrutteringsmønster vil ha på oppnåelse av VO_{2maks} . Det bør også nevnes at VO_{2SC} ser ut til å være mer framtrødende dersom intensive utholdenhetsarbeider gjøres på sykkelergometer kontra tredemølle (H. Carter et al., 2000). Dermed kan det være usikkert eller vanskelig å si hvor stor betydning dette vil kunne ha for resultatene i det foreliggende arbeidet.

Selv om resultatene fra det foreliggende arbeidet ikke var i stand til å vise noen signifikant forskjell i VO_{2maks} etter de ulike oppvarmingsintervensjonene, ble det observert en signifikant ($p < 0,01$ og $p < 0,05$) forskjell i TTU i de ulike prestasjonsarbeidene som følge av de ulike oppvarmingene (NAT, IAT og RJ). Det ble

observert signifikant ($p < 0,05$) økt TTU etter NAT (315 ± 37 sekunder) oppvarmingen sammenlignet med IAT (298 ± 31 sekunder). Dersom RJ (350 ± 38 sekunder) ble benyttet som oppvarming var det en tendens ($p < 0,06$) til bedret TTU i prestasjonstesten sammenlignet med NAT, og en høysignifikant ($p < 0,01$) bedre TTU sammenlignet med IAT. Endringen i TTU som ble observert etter de ulike former for oppvarming kan tenkes å komme som følge av ulik varighet og intensitet mellom de ulike oppvarmingene. En laktatprofiltest har normalt lang varighet (> 35 minutter) og for enkelte kan den siste økningen i belastning i en laktatprofiltest være ganske intensiv (> 85 % av VO_{2maks}). Oppvarmingen (NAT og IAT) som hver enkelt FP måtte gjennomføre kan derfor tenkes å kunne ha både en lang varighet (> 35 minutter) og en høy intensitet (> 85 % av VO_{2maks}) mot slutten av testen. Det kan på bakgrunn av dette tenkes at en laktatprofiltest som oppvarming vil bruke en god del av energien som er lagret i muskulaturen, både i form av høyenergifosfater (ATP og CP) og glykogen. Tar man endret rekrutteringsmønster med i betraktningen kan det være rimelig å anta at et endret rekrutteringsmønster kan ha bidratt til en ytterligere tømming av energilagrene i muskulaturen som følge av type IIa fibrenes noe mindre effektive arbeidsmåte. Da hvilen mellom oppvarming og prestasjonsarbeid i det foreliggende arbeidet også var forholdsvis kort (5 minutter) kan det være grunn til å tro at denne hvilen ikke var tilstrekkelig til at høyenergifosfater i muskulaturen har blitt resyntetisert. Dette kan således tenkes å være en mulig årsak til nedgangen i TTU som ble observert både etter IAT og NAT sammenlignet med RJ.

Få av FP som ble benyttet i det foreliggende arbeidet hadde tidligere fått målt VO_{2maks} og man kan spekulere i om gjentatte målinger og tilvenning til testing kan ha påvirket resultatene både i positiv og negativ retning. En negativ innvirkning kan tenkes å være årsaket av en noe sviktende motivasjon til å gjennomføre prestasjonstesten fullt ut da det var kjent at denne testen var både fysisk og psykisk meget hard å gjennomføre. På bakgrunn av dette kan enkelte FP ha avsluttet prestasjonstesten før en reel utmattelse fant sted. Det kan også tenkes at enkelte FP ved gjentatte målinger ble bedre kjent med forsøksprotokollene og forbedret sine resultater som følge av dette. Det ble i det foreliggende arbeidet tatt høyde for læringseffekten av testing ved å randomisere testrekkefølgen for hver enkelt FP. Om denne randomisering hadde den ønskede effekten er derimot uvisst. Utvalgets størrelse ($N = 11$) kan også ha noe å si for de endelige resultatene i det foreliggende arbeidet, hvor et større utvalg muligens ville

kunne resultert i en viss om ikke stor forandring på resultatene og således p-verdier. Dette kunne således ha ført til et utslag på signifikansutregningen blant annet der hvor p-verdiene viset en tendens til forskjell.

Etter hva forfatteren kjenner til er det få tidligere arbeider som har hatt til hensikt å se på en laktatprofiltests innvirkning på en etterfølgende estimering av VO_{2maks} . Enkelte arbeid har brukt en form for laktatprofiltest som oppvarming (Judelson, Rundell, Beck, King, & Laclair, 2004), andre arbeider (Bailey, Vanhatalo, Wilkerson, Dimenna, & Jones, 2009; Dinglasan, 2012) tar i bruk tilnærmet lik arbeidsbelastning som en laktatprofiltest. Bailey et al. (2009) og Dinglasan (2012) rapporterte begge om en signifikant ($p < 0,05$) forbedret TTU i et utmattende utholdenhetsarbeid dersom dette ble innledet av en intensiv oppvarming (10 minutter ved ca. 85 % av VO_{2maks}) etterfulgt av en lengre pause (> 3 minutter). Verken Bailey et al. (2009) eller Dinglasan (2012) observerte noen endring i VO_{2maks} som følge av oppvarmingene. På den annen side observerte Bailey et al. (2009) en signifikant ($p < 0,05$) reduksjon i TTU dersom den intensive oppvarming ble etterfulgt av en kort pause (< 3 minutter). Metodisk skiller de to overnevnte studiene seg fra det foreliggende arbeidet på mange måter. Oppvarmingen som blir benyttet i de overnevnte studier hadde kortere varighet enn i det foreliggende arbeidet (10. vs > 35 . minutter). Intensiteten som ble benyttet på oppvarmingen i de overnevnte studier skiller seg også ut fra det som er blitt benyttet i det foreliggende arbeidet. Bailey et al. (2009) og Dinglasan (2012) brukte en arbeidsbelastning mellom ”gas exchange threshold” (GET) og VO_{2maks} ($GET + 70\%$ av forskjellen mellom GET og VO_{2maks}) som oppvarming. Det ble også benyttet sykkelergometer som arbeidsform i studien til Bailey et al. (2009), noe som også kan ha hatt en påvirkning på TTU og VO_{2maks} relativt til resultatene fra det foreliggende arbeidet. Resultatene fra de overnevnte studier viser en klar forbedring i TTU dersom oppvarmingen er intensiv ($< 85\%$ av VO_{2maks}) og blir etterfulgt av en tilstrekkelig (> 3 minutter) pause. Disse sistnevnte funn kan være med på å støtte opp under de antagelser som hevder at en delvis utmattelse kan være en mulig årsake til den reduserte TTU som ble observert i det foreliggende arbeidet.

Den bedrede TTU og uendrede VO_{2maks} som de to overnevnte studier rapporterer om i sine resultater er i samsvar med resultatene fra det foreliggende arbeidet. Således kan disse resultatene være med på å bekrefte at en normalt laktatprofiltest ikke har noen nevneverdig negativ effekt på prestasjon (VO_{2maks}) dersom det blir gjennomført en

hvileperiode (>3 minutter) mellom oppvarmingen og prestasjonstesten. I motsetning til det foreliggende arbeidet og arbeidene til Bailey et al. (2009) og Dinglasan (2012) observerte Judelson et al. (2004) derimot en nedgang i VO_{2maks} etter en laktatprofiltest. Denne nedgangen i VO_{2maks} så ut til å komme dersom pausen mellom laktatprofiltesten og prestasjonsarbeidet var lang (>20 minutter). Judelson et al. (2004) argumenterte med at enkelte godt trente (VO_{2maks} ca. $70 \text{ ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$) FP responderte negativt på den lange pausen sammenlignet med mindre trente individer (VO_{2maks} ca. $60 \text{ ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$) og anbefalte på bakgrunn av dette at det ikke bør bli brukt noen pause mellom en laktatprofiltest og måling av VO_{2maks} . Dette siste funnet er i kontrast til resultatene fra det foreliggende arbeidet og arbeidene til Bailey et al. (2009) og Dinglasan (2012), som alle har registrert en uendret (lik VO_{2maks} sammenlignet med kontroll) eller positiv (økt VO_{2maks} sammenlignet med kontroll) effekt av en lengre (>3 minutter) hvileperiode mellom en oppvarming og en prestasjonstest. Judelson et al. (2004) spekulerte i ulike årsaker (dehydrering, ”exercise induced arterial hypoxemia”, sentral eller perifer utmattelse eller endring i substrat utnyttelse) som kan ha forårsaket den observerte reduksjonen i VO_{2maks} hos 50 % av FP i studien. Men det ble ikke trukket noen konkrete konklusjoner i forhold til hva årsaken kunne ha vært. Det bør bemerkes at det er noen små metodisk forskjeller i studien til Judelson et al. (2004) og det foreliggende arbeidet. Judelson et al. (2004) definerte AT ved ”Utgangslaktat + $1,0 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ” i motsetning til ”Utgangslaktat + $1,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ” som blir benyttet i det foreliggende arbeidet. Det kan tenkes at en slik forskjell i definisjon av AT vil ha ført til at FP i studien til Judelson et al. (2004) varmet opp i en kortere periode enn i det foreliggende arbeidet da oppnåelse av AT ville ha kommet ved en lavere verdig for $[\text{La}^-]_{bl}$. Dette kan således ha resultert i at FP ikke ble tilstrekkelig varm og at den lange hvilen derfor gjorde at T_C og T_m mer eller mindre kunne ha returnert tilbake til hvileverdi. På den annen side bør de relativt små forskjellene i definisjoner av AT mellom studien til Judelson et al. (2004) og det foreliggende arbeidet bare i liten grad resultert i forskjellige resultater.

5.1.2 Andre fysiologiske parametre

I løpet av de ulike oppvarmingsintervensjonene (NAT, IAT og RJ) og prestasjonstestene ble det målt både HF og $[\text{La}^-]_{bl}$. Resultatene fra disse målingene viser signifikante ($p<0,01$) forskjellig HF og $[\text{La}^-]_{bl}$ etter de ulike former for oppvarming. Etter endt NAT oppvarming ble det målt signifikant ($p<0,01$) høyere HF ($169 \pm 9,6 \text{ slag}\cdot\text{min}^{-1}$) og $[\text{La}^-]_{bl}$ ($2,8 \pm 0,45 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) i forhold til RJ ($140 \pm 9,7 \text{ slag}\cdot\text{min}^{-1}$ og $0,6$

$\pm 0,19 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) oppvarmingene. Det ble også funnet signifikant ($p < 0,01$) lavere $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$ etter NAT sammenlignet med IAT ($4,6 \pm 1,26 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$). HF og $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$ var også signifikant ($p < 0,01$) høyre etter IAT ($176 \pm 10,1 \text{ slag}\cdot\text{min}^{-1}$) sammenlignet med RJ. På den annen side ble det etter prestasjonstestene ikke observert noen forskjell i HF_{peak} , men det ble funnet signifikant ($p < 0,05$) høyre verdier for $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$ etter RJ ($8,0 \pm 1,03 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) sammenlignet med NAT ($6,7 \pm 1,20 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) og IAT ($7,3 \pm 0,98 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$). Årsaken til de signifikante forskjellene i både HF og $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$ som ble observert etter de ulike oppvarmingene er trolig forårsaket av de ulike arbeidsintensitetene i de forskjellige oppvarmingsformene. En økning i $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$ kan som beskrevet tidligere være en medvirkende årsak til bedre forholdene for O_2 leveranse til arbeidende muskulatur (Se kapittel 2.2.1.1). Denne bedringen kan tenkes å komme som følge av en økning i muskulære perfusjon da en økt $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$ kan føre til vasodilatasjon av arteriolene og en høyreforskyvning av O_2 -Hb dissosiasjonskurven og som således gjør at hemoglobinet i de røde blodcellene får lavere affinitet for O_2 . Disse faktorene blir foreslått av Gerbino et al. (1996) å kunne være med på å bedre VO_2 i starten av et intensivt utholdenhetsarbeid. Dette har således blitt foreslått å kunne redusere det anaerobe bidraget i starten av et arbeid og med det sparing av høyenergifosfater til senere i arbeidet. Slik sparing av energi til senere i utholdenhetsarbeidet vil kunne være en medvirkende årsak til at enkelte ser ut til å bedre sin prestasjon som følge av forhøyede $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$ verdier etter en oppvarming. I det foreliggende arbeidet var det stor variasjon i $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$ etter endt oppvarming og selv om en økt $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$ har blitt foreslått å kunne bedre prestasjonen kan for høye verdier for $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$ ($> 4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) muligens føre til en reduksjon i prestasjon (TTU). En slik redusert prestasjon ble observert i det foreliggende arbeidet etter IAT. Om denne forhøyede verdien for $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$ i seg selv er årsaken til redusert prestasjon er ikke sikkert. Spesielt med tanke på at oppvarmingen som førte til den beste gjennomsnittlige TTU også hadde den laveste gjennomsnittlige verdien for $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$ som ble observert i det foreliggende arbeidet. Verdier for $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$ som blir knytte til bedret prestasjon (TTU) ($< 3 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) førte til redusert prestasjon (TTU) etter NAT sammenlignet med tilnærmede hvileverdier for $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$ som ble målt etter RJ. Det bør nevnes at ingen av de observerte verdiene for $[\text{La}^-]_{\text{bl}}$ som ble funnet etter oppvarmingen i det foreliggende arbeidet kan sies å være spesielt høye ($< 5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$). De ulike HF verdiene som ble observert etter NAT, IAT og RJ vil trolig ikke ha noen nevneverdig innvirkning på det etterfølgende prestasjonsarbeidet. Det ble ikke registrert noen verdi for HF mot slutten av hvileperioden (5 minutter) i det foreliggende arbeidet, men det ble

observert en tilnærmet hvileverdi for HF hos alle FP like før prestasjonstestene. Dette kan indikere at hvileperioden på 5 minutter var tilstrekkelig lang nok til at FP kom tilbake til tilnærmede hvileverdier etter alle tre oppvarmingen. En mulig årsak til dette raske fallet i HF i hvileperioden vil trolig være at FP i det foreliggende arbeidet var godt utholdenhetsrente ($\bar{V}O_{2\text{maks}} 70,0 \pm 5,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$).

5.2 Andre vurderinger

I det foreliggende arbeidet ble det ikke gjennomført en prestasjonstest uten oppvarming noe som i retrospekt burde vært gjort for å ha flere resultater å sammenligne med. En oppvarming med like lang varighet (>35 minutter) som NAT men med en arbeidsintensitet på linje med RJ ville også vært ønskelig å ha gjennomført. Målinger av VO_2 ble i det foreliggende arbeidet gjort hvert 30 sekund, men for å få et litt bedre bilde av VO_2 -forløpet i starten av prestasjonstestene kan det tenkes at en måling hver 10 – 15 sekund ville gitt mer detaljerte resultater. Da ville man fått et litt mer presist bilde av for eksempel VO_2 -amplituden og forløpet spesielt i den initiale fasen av prestasjonsarbeidet. Årsaken til at det kun ble gjennomført målinger hver 30 sekund var i hovedsak for å få mer jevne og sikre målinger mot slutten av arbeidet. Man ser ofte at målinger som blir tatt med korte mellomrom kan ha store variasjoner og kan således føre til stor usikkerhet, noe man ved bruk av 30 sekunders målinger prøver å redusere. Det kan være andre årsaker som har påvirket $VO_{2\text{maks}}$ og TTU resultatene i det foreliggende arbeid. Årsaker som det i dette arbeidet av ulike grunner ikke ble tatt høyde for og som vanskelig lar seg kontrollere i noe større grad. Eksempler på slike årsaker kan være søvnmønster, tidligere trening, kosthold og inntak av mat før test, hydrasjonsstatus og/eller ulike stressfaktorer.

FP som ble benyttet i det foreliggende arbeidet var som nevnt tidligere godt utholdenhetsrente og kjent med ulike konkurransesituasjoner. Tatt i betraktning deres idrettsbakgrunn og høye $VO_{2\text{maks}}$ kan det være rimelig å anta at muskulaturen deres hadde en relativt stor prosentandel type I muskelfibre. Denne muskelfibertypesammensetningen kan ha hatt en noe spesiell betydning for resultatet mot slutten av den progressive prestasjonstesten. Dette kan være årsaket av den unormalt høye løpshastigheten for enkelte FP mot slutten av prestasjonstesten og med tanke på kraft-hastighets forholdet til det ulike fibertypene. Da type I fibre har en relativt beskjeden kraftutvikling ved høye forkortningshastigheter kan det tenkes at den høye løpshastigheten således kan ha ført til at type I fibre ikke var i stand til å

opprettholde kraften utholdenhetsarbeidet krevde. Dette kan således ha ført til en rekruttering av relativt ”utrente” muskelfibre høyre opp i rekrutteringshierarkiet. Disse relativt ”utrente” muskelfibre kan etter kort tid tenkes å ha blitt en begrensende faktor for enkelte FP i det foreliggende arbeidet. En utmattelse av disse ”utrente” fibre i tillegg til den lavere kraftutvikling i type I fibre kan ha vært med på å føre til en avbrytelse av prestasjonstesten uten at FP hadde nådd en reel verdi for VO_{2maks} . Dersom det var tilfellet at enkelte FP i det foreliggende arbeidet ikke presterte maksimalt (nådde VO_{2maks}) på bakgrunn av kraft-hastighets forholdet kan det tenkes at det ville ha vært mer hensiktsmessig å gjennomføre forsøkene med en lavere løpshastighet men med en større ytre belastning i form av en brattere helningsgrad på tredemøllen ($10,5^\circ$ kontra $5,3^\circ$ som ble benyttet i det foreliggende arbeidet). Dette vil kunne ha ført til en reduksjon i kontraksjonshastigheten og således i noe større grad bidratt til at en høyre andel trente type I fibre ville kunne vært med på å dekke den kraften som må til for å opprettholde løpshastigheten i prestasjonstesten. Betragtninger i avsnittet rett ovenfor er, som det burde gå frem, ikke basert på annet enn et rent teoretisk grunnlag og er basert på antagelser og hypoteser gjort av forfatteren av det foreliggende arbeid.

6 Konklusjon

Det er ikke unormalt at både VO_{2maks} og TTU blir testet like i etterkant av en laktatprofiltest. Det hersker tvil om en hel laktatprofiltest som oppvarming er gunstig eller tilrådelig for å kunne oppnå optimale/riktige verdier for en påfølgende VO_{2maks} og/eller TTU test. Ut ifra de foreliggende resultater ser det ikke ut til å være noen nevneverdig forskjell i oppnådd VO_{2maks} uavhengig av om de tre forskjellige oppvarmingsmetodene som er undersøkt i det foreliggende arbeidet blir benyttet. Det er derfor rimelig å anta at en laktatprofiltest utført før en måling av VO_{2maks} normalt ikke vil ha noen nevneverdig innvirkning på evne til å oppnå VO_{2maks} hos godt utholdenhetsrente personer. På den annen side ser oppvarmingsmetoden ut til å ha en innvirkning på individets prestasjonsevne målt som TTU. Resultater fra det foreliggende arbeid viser en klar endring i TTU etter de ulike former for oppvarming som har blitt undersøkt i det foreliggende arbeid.

7 Referanseliste

- Andzel, W. D. (1982). One mile run performance as a function of prior exercise. *J Sports Med Phys Fitness*, 22(1), 80-84.
- Asmussen, E., & Bøye, O. (1945). Body temperature and capacity for work. *Acta physiol. scand.*, 10(1), 22.
- Bahr, R. (1992). Excess postexercise oxygen consumption--magnitude, mechanisms and practical implications. *Acta Physiol Scand Suppl*, 605, 1-70.
- Bailey, S. J., Vanhatalo, A., Wilkerson, D. P., Dimenna, F. J., & Jones, A. M. (2009). Optimizing the "priming" effect: influence of prior exercise intensity and recovery duration on O₂ uptake kinetics and severe-intensity exercise tolerance. *J Appl Physiol*, 107(6), 1743-1756. doi: 10.1152/jappphysiol.00810.2009
- Bangsbo, J., Krstrup, P., Gonzalez-Alonso, J., & Saltin, B. (2001). ATP production and efficiency of human skeletal muscle during intense exercise: effect of previous exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 280(6), E956-964.
- Barcroft, H., & Edholm, O. G. (1946). Temperature and blood flow in the human forearm. *J Physiol*, 104(4), 366-376.
- Benedict, F. G., & Carpenter, T. H. (1910). The metabolism and energy transformations of healthy man during rest. . *The carnegie Institution of Washington*.
- Beneke, R. (2003). Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. *Eur J Appl Physiol*, 89(1), 95-99. doi: 10.1007/s00421-002-0783-1
- Binkhorst, R. A., Hoofd, L., & Vissers, A. C. (1977). Temperature and force-velocity relationship of human muscles. *J Appl Physiol*, 42(4), 471-475.
- Bishop, D. (2003a). Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. [Review]. *Sports Med*, 33(6), 439-454.
- Bishop, D. (2003b). Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. [Research Support, Non-U.S. Gov't Review]. *Sports Med*, 33(7), 483-498.
- Bohr, C., Hasselbalch, K., & Krogh, A. (1904). Über einen in biologischer Beziehung wichtigen Einfluss, den die Kohlensäurespannung des Blutes auf dessen Sauerstoffbindung übt. *Skand. Arch. Physiol*, 16, 401-412.
- Borch, K. W., Ingjer, F., Larsen, S., & Tomten, S. E. (1993). Rate of accumulation of blood lactate during graded exercise as a predictor of 'anaerobic threshold'. *J Sports Sci*, 11(1), 49-55. doi: 10.1080/02640419308729963
- Borsheim, E., & Bahr, R. (2003). Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. *Sports Med*, 33(14), 1037-1060. doi: 33142 [pii]
- Bosquet, L., Leger, L., & Legros, P. (2002). Methods to determine aerobic endurance. *Sports Med*, 32(11), 675-700. doi: 321102 [pii]
- Buchthal, F. E., Kaiser, E., & Knappeis, G. G. (1944). Ibidem. 8, 16.
- Burnley, M., Doust, J. H., Carter, H., & Jones, A. M. (2001). Effects of prior exercise and recovery duration on oxygen uptake kinetics during heavy exercise in humans. *Exp Physiol*, 86(3), 417-425. doi: EPH_2122 [pii]
- Calbet, J. A. (2000). Oxygen tension and content in the regulation of limb blood flow. [Review]. *Acta Physiol Scand*, 168(4), 465-472.
- Carter, H., Jones, A. M., Barstow, T. J., Burnley, M., Williams, C. A., & Doust, J. H. (2000). Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. [Comparative Study]. *J Appl Physiol*, 89(3), 899-907.

- Carter, H., Jones, A. M., & Doust, J. H. (1999). Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. [Clinical Trial Randomized Controlled Trial]. *Med Sci Sports Exerc*, 31(6), 837-845.
- Carter, R., 3rd, Wilson, T. E., Watenpugh, D. E., Smith, M. L., & Crandall, C. G. (2002). Effects of mode of exercise recovery on thermoregulatory and cardiovascular responses. *J Appl Physiol*, 93(6), 1918-1924. doi: 10.1152/jappphysiol.00056.200200056.2002 [pii]
- Christie, J., Sheldahl, L. M., Tristani, F. E., Sagar, K. B., Ptacin, M. J., & Wann, S. (1987). Determination of stroke volume and cardiac output during exercise: comparison of two-dimensional and Doppler echocardiography, Fick oximetry, and thermodilution. [Comparative Study Research Support, Non-U.S. Gov't Research Support, U.S. Gov't, Non-P.H.S. Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *Circulation*, 76(3), 539-547.
- Crow, M. T., & Kushmerick, M. J. (1982). Chemical energetics of slow- and fast-twitch muscles of the mouse. *J Gen Physiol*, 79(1), 147-166.
- De Bruyn-Prevost, P., & Lefebvre, F. (1980). The effects of various warming up intensities and durations during a short maximal anaerobic exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 43(2), 101-107.
- di Prampero, P. E., Atchou, G., Bruckner, J. C., & Moia, C. (1986). The energetics of endurance running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 55(3), 259-266.
- Dinglasan, K. T. (2012). *The effect of warm up intensity on time to exhaustion at VO2 max in runners*. California State University.
- Ekblom, B., Astrand, P. O., Saltin, B., Stenberg, J., & Wallstrom, B. (1968). Effect of training on circulatory response to exercise. *J Appl Physiol*, 24(4), 518-528.
- Ekblom, B., & Hermansen, L. (1968). Cardiac output in athletes. *J Appl Physiol*, 25(5), 619-625.
- Fagard, R., Aubert, A., Lysens, R., Staessen, J., Vanhees, L., & Amery, A. (1983). Noninvasive assessment of seasonal variations in cardiac structure and function in cyclists. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Circulation*, 67(4), 896-901.
- Fagard, R., Aubert, A., Staessen, J., Eynde, E. V., Vanhees, L., & Amery, A. (1984). Cardiac structure and function in cyclists and runners. Comparative echocardiographic study. [Comparative Study Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Br Heart J*, 52(2), 124-129.
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Med*, 39(6), 469-490. doi: 10.2165/00007256-200939060-000033 [pii]
- Febbraio, M. A., Carey, M. F., Snow, R. J., Stathis, C. G., & Hargreaves, M. (1996). Influence of elevated muscle temperature on metabolism during intense, dynamic exercise. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Am J Physiol*, 271(5 Pt 2), R1251-1255.
- Ferguson, F., Gledhill, N., Jamnik, V., Wiebe, C., & Payne, N. (2001). Cardiac performance in endurance-trained and moderately active young women. *Medicine and science in sports and exercise*, 1114-1119.
- Gaesser, G. A., & Brooks, G. A. (1984). Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Med Sci Sports Exerc*, 16(1), 29-43.
- Genovely, H., & Stamford, B. A. (1982). Effects of prolonged warm-up exercise above and below anaerobic threshold on maximal performance. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 48(3), 323-330.
- Gerbino, A., Ward, S. A., & Whipp, B. J. (1996). Effects of prior exercise on pulmonary gas-exchange kinetics during high-intensity exercise in humans.

- [Clinical Trial Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *J Appl Physiol*, 80(1), 99-107.
- Grodjnovsky, A., & Magel, J. R. (1970). Effect of warm-up on running performance. *Res Q*, 41(1), 116-119.
- Hallèn, J. (2004). Det maksimale oksygenopptakets betydning i utholdenhetsidretter. In L. I. Tjelta & E. Enoksen (Eds.), *Utholdenhets trening, løping, sykling, langrenn*. Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Han, Y. S., Proctor, D. N., Geiger, P. C., & Sieck, G. C. (2001). Reserve capacity for ATP consumption during isometric contraction in human skeletal muscle fibers. *J Appl Physiol*, 90(2), 657-664.
- Harris, R. C., Edwards, R. H., Hultman, E., Nordesjo, L. O., Ny Lind, B., & Sahlin, K. (1976). The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *Pflugers Archiv : European journal of physiology*, 367(2), 137-142.
- Hawley, J. A., Williams, M. M., Hamling, G. C., & Walsh, R. M. (1989). Effects of a task-specific warm-up on anaerobic power. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Br J Sports Med*, 23(4), 233-236.
- Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R., & Hollmann, W. (1985). Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med*, 6(3), 117-130. doi: 10.1055/s-2008-1025824
- Hedrick, A. (1992). EXERCISE PHYSIOLOGY: Physiological Responses to Warm-Up. *Strength & Conditioning Journal*, 14(5), 25-27.
- Higginbotham, M. B., Morris, K. G., Williams, R. S., McHale, P. A., Coleman, R. E., & Cobb, F. R. (1986). Regulation of stroke volume during submaximal and maximal upright exercise in normal man. [Research Support, Non-U.S. Gov't Research Support, U.S. Gov't, Non-P.H.S. Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *Circ Res*, 58(2), 281-291.
- Hill, A. V. (1924). Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen. *Proc R Soc Lond (Biol)*, 96.
- Hill, A. V., & Lupton, H. (1923). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *Q J Med*(16), 135-171.
- Ingjer, F. (1991). Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and men elite cross-country skiers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 1(1), 25-30.
- Ingjer, F. (1992). Development of maximal oxygen uptake in young elite male cross-country skiers: a longitudinal study. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *J Sports Sci*, 10(1), 49-63. doi: 10.1080/02640419208729906
- Ingjer, F., & Stromme, S. B. (1979). Effects of active, passive or no warm-up on the physiological response to heavy exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 40(4), 273-282.
- Jacobs, I., Esbjornsson, M., Sylven, C., Holm, I., & Jansson, E. (1987). Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types, and blood lactate. *Med Sci Sports Exerc*, 19(4), 368-374.
- Jansson, E., Esbjornsson, M., Holm, I., & Jacobs, I. (1990). Increase in the proportion of fast-twitch muscle fibres by sprint training in males. *Acta Physiol Scand*, 140(3), 359-363.
- Jones, A. M., & Doust, J. H. (1998). The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. [Clinical Trial]. *Med Sci Sports Exerc*, 30(8), 1304-1313.

- Jones, A. M., Grassi, B., Christensen, P. M., Krstrup, P., Bangsbo, J., & Poole, D. C. (2011a). The Slow Component of V O₂ Kinetics: Mechanistic Bases and Practical Applications. *Med Sci Sports Exerc*. doi: 10.1249/MSS.0b013e31821fcfc1
- Jones, A. M., Grassi, B., Christensen, P. M., Krstrup, P., Bangsbo, J., & Poole, D. C. (2011b). Slow component of VO₂ kinetics: mechanistic bases and practical applications. [Review]. *Med Sci Sports Exerc*, 43(11), 2046-2062. doi: 10.1249/MSS.0b013e31821fcfc1
- Jones, A. M., Koppo, K., & Burnley, M. (2003). Effects of prior exercise on metabolic and gas exchange responses to exercise. [Review]. *Sports Med*, 33(13), 949-971.
- Jones, A. M., & Poole, D. C. (2005). *Oxygen uptake kinetics in sport, exercise and medicine*. London ; New York: Routledge.
- Jones, A. M., Wilkerson, D. P., Burnley, M., & Koppo, K. (2003). Prior heavy exercise enhances performance during subsequent perimaximal exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 35(12), 2085-2092. doi: 10.1249/01.MSS.0000099108.55944.C4
- Judelson, D. A., Rundell, K. W., Beck, K. C., King, T. M., & Laclair, K. L. (2004). Effect of high-intensity submaximal work, with or without rest, on subsequent VO₂max. [Clinical Trial Comparative Study]. *Med Sci Sports Exerc*, 36(2), 292-296. doi: 10.1249/01.MSS.0000113480.21438.A8
- Jurgensen. (1873). *Die Körperwärme des ges. Menschen*.
- Kenny, G. P., Giesbrecht, G. G., & Thoden, J. S. (1996). Post-exercise thermal homeostasis as a function of changes in pre-exercise core temperature. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 74(3), 258-263.
- Kenny, G. P., & Niedre, P. C. (2002). The effect of exercise intensity on the post-exercise esophageal temperature response. *European journal of applied physiology*, 86(4), 342-346.
- Kenny, G. P., Reardon, F. D., Thoden, J. S., & Giesbrecht, G. G. (1999). Changes in exercise and post-exercise core temperature under different clothing conditions. *Int J Biometeorol*, 43(1), 8-13.
- Kenny, G. P., Reardon, F. D., Zaleski, W., Reardon, M. L., Haman, F., & Ducharme, M. B. (2003). Muscle temperature transients before, during, and after exercise measured using an intramuscular multisensor probe. *Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology*, 94(6), 2350-2357. doi: 10.1152/jappphysiol.01107.200201107.2002 [pii]
- Kiens, B., Saltin, B., Walloe, L., & Wesche, J. (1989). Temporal relationship between blood flow changes and release of ions and metabolites from muscles upon single weak contractions. *Acta Physiol Scand*, 136(4), 551-559.
- Kim, H. S., Ghim, H. D., & Lee, Y. H. (2008). Effect of Clothing Constructions on Core Temperature during Exercise and Recovery at an Ambient Temperature. *Fibers and Polymers*, 9.
- Knuttgen, H. G., & Saltin, B. (1972). Muscle metabolites and oxygen uptake in short-term submaximal exercise in man. *J Appl Physiol*, 32(5), 690-694.
- Koga, S., Shiojiri, T., Kondo, N., & Barstow, T. J. (1997). Effect of increased muscle temperature on oxygen uptake kinetics during exercise. [Clinical Trial]. *J Appl Physiol*, 83(4), 1333-1338.
- Komi, P. V., Rusko, H., Vos, J., & Vihko, V. (1977). Anaerobic performance capacity in athletes. *Acta Physiol Scand*, 100(1), 107-114.
- Krogh, A., & Lindhard, J. (1913). The regulation of respiration and circulation during the initial stages of muscular work. *J Physiol*, 47(1-2), 112-136.

- Krustrup, P., Soderlund, K., Mohr, M., & Bangsbo, J. (2004). The slow component of oxygen uptake during intense, sub-maximal exercise in man is associated with additional fibre recruitment. *Pflugers Arch*, 447(6), 855-866. doi: 10.1007/s00424-003-1203-z
- Lester, M., Sheffield, L. T., Trammell, P., & Reeves, T. J. (1968). The effect of age and athletic training on the maximal heart rate during muscular exercise. *Am Heart J*, 76(3), 370-376.
- Losnegard, T. (2013). *Physiological determinants of performance in modern elite cross-country skiing*. Oslo: Norwegian School of Sport Sciences.
- Losnegard, T., Myklebust, H., & Hallen, J. (2012). Anaerobic capacity as a determinant of performance in sprint skiing. [Research Support, N.I.H., Extramural Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Med Sci Sports Exerc*, 44(4), 673-681. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182388684
- Losnegard, T., Myklebust, H., Spencer, M., & Hallen, J. (2012). Seasonal variations in VO₂max, O₂-cost, O₂-deficit and performance in elite cross-country skiers. *J Strength Cond Res*. doi: 10.1519/JSC.0b013e31827368f6
- Margaria, R., Edwards, H. t., & Dill, D. B. (1933). The possible mechanisms for contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction.. *Am. J. Physiol*, 106.
- Marles, A., Mucci, P., Legrand, R., Betbeder, D., & Prieur, F. (2006). Effect of prior exercise on the VO₂/work rate relationship during incremental exercise and constant work rate exercise. *Int J Sports Med*, 27(5), 345-350.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2006). *Exercise physiology: Energy, nutrition and human performance*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- McComas, A. J. (1996). *Skeletal muscle: form and function*: Human Kinetics.
- Moser, T., Gjerset, A., Johansen, E., & Vadder, L. (1995). Aerobic and anaerobic demands in orienteering. *Scientific Journal of Orienteering*, 11, 3-30.
- Nielsen, H. B. (2003). Arterial desaturation during exercise in man: implication for O₂ uptake and work capacity. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 339-358.
- Poole, D. C. (1994). Role of exercising muscle in slow component of VO₂. *Med Sci Sports Exerc*, 26(11), 1335-1340.
- Ranatunga, K. W., Sharpe, B., & Turnbull, B. (1987). Contractions of a human skeletal muscle at different temperatures. *J Physiol*, 390, 383-395.
- Robinson, S. (1938). Experimental studies of physical fitness in relation to age. *Arbeitsphysiologie*, 10(3), 251-323. doi: 10.1007/bf02011412
- Roecker, K., Striegel, H., & Dickhuth, H. H. (2003). Heart-rate recommendations: transfer between running and cycling exercise? [Clinical Trial Randomized Controlled Trial]. *Int J Sports Med*, 24(3), 173-178. doi: 10.1055/s-2003-39087
- Ruch, T. C., & Patton, H. D. (1973). *Physiology and biophysics* (Vol. 20). Philadelphia Saunders.
- Saltin, B., & Astrand, P. O. (1967). Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol*, 23(3), 353-358.
- Saltin, B., Gagge, A. P., & Stolwijk, J. A. (1970). Body temperatures and sweating during thermal transients caused by exercise. *J Appl Physiol*, 28(3), 318-327.
- Skaugen, M. (2012). Effekten av ulike varighet mellom endt oppvarming og konkurransstart på et utholdenhetsarbeid (pp. s.). Oslo: [M. Skaugen].
- Spina, R. J., Ogawa, T., Martin, W. H., 3rd, Coggan, A. R., Holloszy, J. O., & Ehsani, A. A. (1992). Exercise training prevents decline in stroke volume during

- exercise in young healthy subjects. [Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *J Appl Physiol*, 72(6), 2458-2462.
- Stewart, I. B., & Sleivert, G. G. (1998). The effect of warm-up intensity on range of motion and anaerobic performance. *J Orthop Sports Phys Ther*, 27(2), 154-161.
- Svedahl, K., & MacIntosh, B. R. (2003). Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. [Review]. *Can J Appl Physiol*, 28(2), 299-323.
- Sylta, Ø. (2009). *Bedret prestasjon gjennom en viljestyrt økning av ventilasjonen i akutt hypobare omgivelser?* (Master Master), Norges Idrettshøgskole, Oslo.
- Tegtbur, U., Busse, M. W., & Braumann, K. M. (1993). Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 25(5), 620-627.
- Thoden, J., Kenny, G., Reardon, F., Jette, M., & Livingstone, S. (1994). Disturbance of thermal homeostasis during post-exercise hyperthermia. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 68(2), 170-176.
- Warburton, D. E., Haykowsky, M. J., Quinney, H. A., Humen, D. P., & Teo, K. K. (1999a). Reliability and validity of measures of cardiac output during incremental to maximal aerobic exercise. Part I: Conventional techniques. [Research Support, Non-U.S. Gov't Review]. *Sports Med*, 27(1), 23-41.
- Warburton, D. E., Haykowsky, M. J., Quinney, H. A., Humen, D. P., & Teo, K. K. (1999b). Reliability and validity of measures of cardiac output during incremental to maximal aerobic exercise. Part II: Novel techniques and new advances. [Research Support, Non-U.S. Gov't Review]. *Sports Med*, 27(4), 241-260.
- West, J. B. (2008). *Respiratory Physiology: The Essentials*: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- Willis, W. T., & Jackman, M. R. (1994). Mitochondrial function during heavy exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 26(11), 1347-1353.
- Withers, R. T., Sherman, W. M., Miller, J. M., & Costill, D. L. (1981). Specificity of the anaerobic threshold in endurance trained cyclists and runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 47(1), 93-104.
- Xu, F., & Montgomery, D. L. (1995). Effect of prolonged exercise at 65 and 80% of VO₂max on running economy. *Int J Sports Med*, 16(5), 309-313. doi: 10.1055/s-2007-973011
- Xu, F., & Rhodes, E. C. (1999). Oxygen uptake kinetics during exercise. *Sports Med*, 27(5), 313-327.
- Zoladz, J. A., Duda, K., & Majerczak, J. (1998). VO₂/power output relationship and the slow component of oxygen uptake kinetics during cycling at different pedaling rates: relationship to venous lactate accumulation and blood acid-base balance. [Clinical Trial Randomized Controlled Trial Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Physiol Res*, 47(6), 427-438.
- Zoladz, J. A., Rademaker, A. C., & Sargeant, A. J. (1995). Non-linear relationship between O₂ uptake and power output at high intensities of exercise in humans. *J Physiol*, 488 (Pt 1), 211-217.
- Åstrand, P.-O., Rodahl, K., Dahl, H. A., & Strømme, S. B. (2003). *Textbook of work physiology : physiological bases of exercise* (4th ed. ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Åstrand, P. O., & Rodahl, K. (2003). *Textbook of work physiology: Physiological bases og exercise*. Champaign: Human Kinetics.

Forkortelser

$[La^-]_{bl}$	Laktatkonsentrasjon i blod
AT	Anaerob terskel
ATP	Adinosin tri fosfat
$CaO_2 - CvO_2$	Arterio-venøs oksygen differanse
CO_2	Karbondioksid
DPG	2.3 difosfoglyserat6
EPOC	Excess postexercise oxygen consumption
FP	Forsøksperson
GET	Gas exchange threshold
H^+	Hydrogen
HF	Hjertefrekvens
HF_{maks}	Maksimal hjertefrekvens
HF_{peak}	Høyeste registrerte hjertefrekvens
IAT	Intensiv Laktatprofiltest
K^+	Kalium
KF	Kreatinfosfat
La^-	Laktat
M_D	Muskeldybde
MLSS	Maximal lactate steady state
N	Utvalg
NAT	Normal Laktatprofiltest
O_2	Oksygen

OBLA	Onset of blood lactate
$^{\circ}\text{C}$	Grader celsius
pH	pondus Hydrogenii
pH _{bl}	pondus Hydrogenii i blod
PNS	Det parasympatiske nervesystemet
Q	Hjertets minuttvolum
Q _{maks}	Hjertets maksimale minuttvolum
R	Respiratorisk kvotient
RJ	Rolig jogg
SD	Standardavvik
SV	Hjertets slagvolum
SV _{maks}	Hjertets maksimale slagvolum
T _C	Kjernetemperatur
T _m	Muskeltemperatur
TTU	Tid til utmattelse
VO ₂	Oksygenopptak
VO _{2F1}	Oksygenopptakets fase 1
VO _{2F2}	Oksygenopptakets fase 2
VO _{2F3}	Oksygenopptakets fase 3
VO _{2maks}	Maksimalt oksygenopptak
VO _{2SC}	Oksygenopptakets slow-component

Figuroversikt

Figur 2.1: Oksygenets dissosiasjonskurve indikerer prosent metning av Hb i relasjon til pO_2 i blodet (heltrukket linje). Stiplet linje viser O_2 løst i plasma. Ved fullmettet Hb transporterer blodet ca. 200 ml O_2 pr l blod. Dissosiasjonskurven påvirkes også av temperatur, 2.3 difosfoglyserat og pH (lånt av Sylta (2009) og modifisert etter West (2008) s.76).....	18
Figur 2.2: Viser en grafisk fremstilling av VO_2 forløpet i et 6 minutters intensivt arbeid. Phase I representerer VO_{2F1} , Phase II representerer VO_{2F2} , Phase III representerer VO_{2F3} , VO_{2b} representerer VO_2 i hvile og TD representerer tidsforløpet til VO_{2F1} og VO_{2F2} . Figuren er hentet fra A. M. Jones, Koppo, and Burnley (2003).....	22
Figur 4.1: Viser VO_{2maks} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) oppnådd i prestasjonstestene etter de ulike oppvarmingsintervensjonene. Sort strek indikerer median for VO_{2maks} på den aktuelle intervensjon, boksen viser «1,5 · kvartilavvik» for målt VO_{2maks} , og maksimum / minimum verdi for oppnådd VO_{2maks} i intervensjonene er indikert med en tynn sort strek over og under boksene.	36
Figur 4.2: Figuren viser tid til utmattelse i sekunder oppnådd i prestasjonstestene etter oppvarming for dag 1, 2 og 3. Sort strek indikerer median for TTU etter den aktuelle intervensjon, boksen viser «1,5 · kvartilavvik» for TTU og maksimum / minimum verdi for TTU i prestasjonstestene er indikert med en tynn sort strek over og under boksene. * angir signifikant forskjell ($p < 0,05$) mellom prestasjonstest dag 1 og 2, # angir høysignifikant forskjell ($p < 0,01$) mellom prestasjonstest dag 2 og 3.....	38

Tabelloversikt

Tabell 3.1: Tabellen viser antropometriske data (alder, høyde, vekt), VO_{2maks} og HF_{peak} for alle inkluderte FP ($n=11$). Dataene er oppgitt som gjennomsnitt \pm 1SD og med variasjonsbredde.	29
Tabell 4.1: Viser VO_{2maks} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) for hver enkelt FP i de ulike prestasjonstestene. Gjennomsnittlig $VO_{2maks} \pm 1$ standardavvik ($\bar{x} \pm 1SD$) samlet for alle forsøkspersoner blir oppgitt i nederste rad.	35
Tabell 4.2: Viser TTU målt i sekunder ved prestasjonstestene dag 1, 2 og 3. * angir signifikant forskjell ($p < 0,05$) i TTU mellom prestasjonstest dag 1 og 2, # angir høysignifikant forskjell ($p < 0,01$) i TTU mellom prestasjonstest dag 2 og 3.	37
Tabell 4.3: Viser målt $[La^-]$ ($\bar{x} \pm 1SD$) i blodet ($mmol \cdot l^{-1}$) ved endt oppvarming og prestasjonstest. * angir høysignifikant forskjell ($p < 0,01$) i $[La^-]_{bl}$ for endt oppvarming dag 1 sammenlignet med dag 2, ** angir høysignifikant forskjell ($p < 0,01$) i $[La^-]_{bl}$ for endt oppvarming dag 1 sammenlignet med dag 3, # angir høysignifikant forskjell ($p < 0,01$) i $[La^-]_{bl}$ for endt oppvarming dag 2 sammenlignet med dag 3 og ## angir signifikant forskjell ($p < 0,05$) i $[La^-]_{bl}$ for prestasjonstest dag 1 sammenlignet med dag 3.	39
Tabell 4.4: Tabellen viser gjennomsnittlig HF ($\bar{x} \pm 1SD$) ($slag \cdot min^{-1}$) for de siste 5 minutter av oppvarmingen og HF_{maks} / HF_{peak} ($\bar{x} \pm 1SD$) oppnådd i prestasjonstestene ved dag 1, 2 og 3. * angir høysignifikant forskjell ($p < 0,01$) for dag 1 & 2 sammenlignet med dag 3.	39
Tabell 4.5: Viser gjennomsnittlig utgangshastighet (Min) for alle FP, høyeste registrerte hastighet i prestasjonstesten (Maks) og gjennomsnittlig maksimal hastighet (Maks ($\bar{x} \pm 1SD$)) for alle FP (alle verdier er oppgitt i $km \cdot t^{-1}$) som ble målt i prestasjonstestene dag 1, 2 og 3. * angir signifikant forskjell ($p < 0,05$) i gjennomsnittlig maksimal hastighet for alle FP ved dag 2 sammenlignet med dag 3.	40

Vedlegg

1. Søknad til Regional Etisk Komite
2. Godkjenning fra Regional Etisk Komite
3. Forespørsel om deltagelse i forskningsprosjekt – informasjonsskriv og samtykkeerklæring til forsøkspersoner

Vedlegg 1 – Søknad til Regional etisk komite

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. Prosjektittel
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 utholdenhetstrente 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 rulleskismølle. 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 lavtrykkammer). 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

Allmennebefolkning

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 prosjektlederne for mer informasjon. Før selve forsøksdagen må forsøkspersonene inn til prøvetester der de også får utfyllende informasjon om deltagelse 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 hjertefrekvens. 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 helsejekk). 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

reduere faren for dette vil deltakerne være sikret med en søle 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

Vedlegg 2 – Godkjenning fra Regional etisk komite



Region:	Saksbehandler:	Telefon:	Vår dato:	Vår referanse:
REK sør-øst	Katrine Oro	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 utholdenhetstrente forsøkspersoner, fordelt på 3 ulike forsøk. Del A har til hensikt å se om spesifikt bevegelsesmønstre under oppvarming vil påvirke prestasjonen ved en prestasjonstest i skøyting på rutestiktmøtte. 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 lovtlig i henhold til personopplysningsloven og personopplysningsforskriftens bestemmelser, og må derfor vurdere om prosjektet må forelegges personvernombud eller Datatilsynet.

Besøksadresse: Gullhaug torv 4 A, Nydalen, 0484 Oslo	Telefon: 22845511 E-post: post@helseforskning.etikkom.no	All post og e-post som inngår i saksbehandlingen, bør 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
	Web: http://www.etikkom.no		

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 Ilner (sign.)
professor dr. med.
komitéleder

Katrine Ore
Komitésekretær/Rådgiver

Kopi til: hans.andresen@nfh.no

Vedlegg 3 – Forespørsel om deltagelse i forskningsprosjekt

Forespørsel om deltagelse i masterprosjekt

” Effekten av ulike oppvarmingsregimer på en VO_{2maks} test”

Bakgrunn og hensikt

Dette er en forespørsel til deg om å være forsøksperson i en studie ved Norges Idrettshøgskole. Studiens hensikt er å vurdere effekten av forskjellige oppvarminger før et løp til utmattelse.

I dagens prestasjonsorienterte samfunn er det få utøvere som ikke har målt sin fysiske kapasitet, enten ved å løpe ett testløp eller med en måling av oksygenopptaket. En utøvers anaerobe terskel estimeres ofte samtidig som man gjennomfører en kartlegging av den fysiske kapasiteten. En estimering av anaerob terskel er et utmattende arbeid i seg selv og kan tenkes å være så utmattende at utøveren ikke makter å presse seg nok i målingen av det maksimale oksygenopptaket. Dette vil føre til en underestimering av utøvers kapasitet. En slik underestimering vil være lite hensiktsmessig for utøveren da test er både kostbar og krever et vesentlig stort arbeid av utøveren.

Vi ønsker å finne ut om det er en forskjell i prestasjon etter en estimering av anaerob terskel i forhold til en standardisert oppvarming.

Hva innebærer studien?

Dersom du er interessert i å delta i forsøket, vil det innebære tre til fire dager med testing.

Dag 1 vil innebære en tilvenning til utstyret, slik at du som forsøksperson får en følelse av hvordan det er å løpe på tredemølle i høy hastighet, og hvordan det er å ha ventilasjonsmåler i munnen over tid. Samme dag vil også innebefatte en laktatprofil-test og en test av ditt maksimale oksygenopptak. Disse gjøres ved å gjennomføre en protokoll på mølle som er utarbeidet ved Norges Idrettshøgskole. Denne brukes daglig, er sikker og nøyaktig.

Dag 2 gjennomføres standardisert oppvarming og en prestasjonstest. Prestasjonstesten utføres som en maksimal oksygenopptakstest som på dag 1.

Dag 3 vil det være nok en laktatprofiltest og en prestasjonstest, disse er like testene som ble utført på dag 1.

Alle testprotokollene er utviklet ved Norges Idrettshøgskole og Olympiatoppen. Testprotokollene utføres daglig, er sikre og har stor nøyaktighet.

Fordeler og ulemper

Vi tilbyr deg som forsøksperson en laktatprofiltest med estimering av anaerob terskel, samt en måling av maksimalt oksygenopptak. Dette kan være nyttig for deg som idrettsutøver.

Studiet krever av deg som forsøksperson tre oppmøter på laboratoriet for testing. Vi anbefaler at du som forsøksperson ikke utfører hardt fysisk arbeid dagen før test. Da høyintensiv trening kan ha innvirkning på testresultatet. Vi vil forsøke å tilrettelegge testing slik at det får minst mulig påvirkning på din planlagte hverdag. Testing på kveldstid eller i helgene er fullt mulig.

Personvern, hva skjer med prøvene og informasjonen om deg?

Alle dine personopplysninger vil bli behandlet etter regler for anonymitet. Det betyr blant annet at navnet ditt aldri vil bli skrevet ned og du blir identifisert med et nummer. Det vil heller aldri bli oppgitt opplysninger om hvem som har deltatt på forsøket.

Blodprøver vil bli tatt i en finger og analysert umiddelbart, prøvene blir destruert når analysen er gjennomført.

Krav til forsøkspersonen

Det er en fordel å ha gjennomført en test av maksimalt oksygenopptak tidligere, men det er ikke noen nødvendighet. For inklusjon i studien settes det ett minstekrav til arbeidskapasitet. Alderskravet for å delta på studiet er 18år og man bør ha kjennskap til løp på tredemølle.

Som forsøksperson kan du ikke bruke sentralstimulerende midler som alkohol, koffein eller nikotin eller gjennomført hard fysisk aktivitet 24t før test.

Frivillig deltagelse

Det er frivillig å delta som forsøksperson i studien. Dette innebærer at du til en hver tid kan trekke deg fra studien uten å opp noen grunn for dette. Et frafall vil ikke få noen følge eller konsekvens for deg som forsøksperson.

Ulike tester:

Alle forsøkspersoner gjennomfører tre dager med tester på ulike dager. Testene har en varighet på 40 til 60 minutter. Vi ser helst at testene gjennomføres med to dagers mellomrom og maksimalt 6 dagers mellomrom. Alle testene gjennomføres løpende på tredemølle.

1. Laktatprofiltest og måling av maksimalt oksygenopptak: En laktatprofil gjennomføres som en trappe test hvor man øker belastningen hvert femte minutt. Mellom hver belastningsøkning vil det være en 1 minutts pause hvor en blodprøve tas i forsøkspersonens finger. Blodprøven analyseres umiddelbart, laktat konsentrasjonen beregnes og blodprøven destrueres. Testen avsluttes når laktatkonsentrasjonen i blodet har steget med $1,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ i forhold til de to første målingene. Normalt skjer dette etter 4-5 belastningsøkninger.

Måling av maksimalt oksygenopptak starter etter en kort pause, forsøksperson blir bedt om å sitte i ro i pausen. Vanligvis varer en slik test 4-6 minutter, men det vil være individuelle forskjeller. Forsøkspersonene starter testen på samme hastighet som laktatprofiltesten ble avsluttet på. For hvert minutt vil belastningen bli økt med $1 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$, dersom forsøkspersonen antyder at en slik økning er greit. Testen avsluttes ved utmattelse, eller når forsøkspersonen gir tegn til det.

Maksimalt oksygenopptak med standardisert oppvarming: Estimering av det maksimale oksygenopptaket vil være lik som på dag 1. Forsøksperson møter til test med samme forutsetninger som på dag 1, uten å ha gjennomført utmattende trening dagen før og med minimum 2t siden siste måltid. Oppvarming gjennomføres ved løp på mølle med en belastning tilsvarende 70 % av forsøkspersonens maksimale oksygenopptak. Pausen mellom oppvarming og måling av maksimalt oksygenopptak er satt til 5 minutter, hvor forsøkspersonen blir bedt om å holde seg i ro.

2. Laktatprofiltest og måling av maksimalt oksygenopptak: En laktatprofil gjennomføres som en trappe test hvor man øker belastningen hvert femte minutt. Mellom hver belastningsøkning vil det være en 1 minutts pause hvor en blodprøve tas i

forsøkspersons finger. Blodprøven analyseres umiddelbart, laktat konsentrasjonen beregnes og blodprøven destrueres. Testen avsluttes når laktatkonsentrasjon i blodet har steget med $2,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ i forhold til de to første målingene. Denne testen vil for forsøkspersonen være noe mer utmattende enn laktatprofiltest gjennomført på dag 1.

Laktatprofiltesten etterfølges av estimering av maksimalt oksygenopptak lik de foregående dager.

Tidsskjema:

Testene gjennomføres i perioden 12. oktober til 21. november. Det vil bli mulig å gjøre individuelle tilpasninger for testing.

Høres dette ut som noe du kunne tenke deg å delta i, ta kontakt med:

Dag Aalvik:
41212468

daga@nih.no

Mobil:

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)

