

Martin Andersen

Effekten av to ulike restitusjonsprotokoller på prestasjon i sprintlangrenn

Masteroppgave i idrettsvitenskap

Seksjon for fysisk prestasjonsevne

Norges idrettshøgskole, 2012

Forord

Dette prosjektet ble gjennomført ved *Seksjon for fysisk prestasjonsevne* ved Norges idrettshøgskole. Prosessen fra idé og planlegging, til gjennomføring og skriving har vært spennende, lærerik og til tider slitsom. Et stort stykke arbeid er gjort, og flere fortjener en stor takk for sine bidrag til denne oppgaven. Jostein Hallén som hovedveileder, en viktig ressurs i planleggingsfasen, søknadsprosessen, og som en god veileder under gjennomføringen og i skriveprosessen. Thomas Losnegard, som veileder, med sin iver, kunnskap og oppfølging både under planleggingen, gjennomføringen og i skriveprosessen. Konstruktiv kritikk fører kun til fremgang i det lange løp. Deres hjelp har vært av stor betydning for både læringsprosessen, gjennomføring og sluttresultat, takk! Matthew Spencer for sin innsats på laben i forbindelse med gjennomføringen av studie, gode innspill i planleggingsfasen og god oppfølging under skriveprosessen. Takk også til Håvard Myklebust for hjelp i forbindelse med testing av laktatprofil og 1000 meter prestasjonstest.

Medstudent, Erika Zacharoff, fortjener en stor takk for gode faglige diskusjoner under skriveprosessen. Ingen friksjon, ingen fremgang.

Utøverne som stilte opp som forsøkspersoner fortjener en stor takk for svært god innsats, tilpassningsevne og en positiv innstilling til studiet. Uten forsøkspersoner, ingen data.

Bibliotekarene ved Norges idrettshøgskole og Høgskolen i Lillehammer fortjener en takk for sin hjelpsomhet i forbindelse med bestilling av artikler.

Martin Andersen

Oslo, oktober 2012

Sammendrag

Innledning: Prestasjon i sprintlangrenn er i stor grad knyttet til det maksimale oksygenopptaket ($VO_{2\text{maks}}$), anaerob kapasitet og arbeidsøkonomi, samtidig som små marginer i mange tilfeller kan være svært avgjørende. Optimalisering av trening, taktikk, samt utstyr gjør at denne konkurranseformen er i stadig utvikling. Bestående av fire heat (~170 sekunder) gjennomført i løpet av 3 timer må konkurranseformen anses for å være unik, og kravet til restitusjon stort. Det finnes imidlertid lite dokumentasjon rundt optimal restitusjon med tanke på intensitet, og hvordan dette påvirker prestasjon og fysiologiske faktorer ved repetert arbeid i langrenn. Derfor omhandler dette studiet effekten av to ulike restitusjonsprotokoller på prestasjon og aktuelle fysiologiske faktorer ved repetert maksimalt arbeid.

Metode: Åtte mannlige langrennsløpere og to skiskyttere på høyt nasjonalt nivå deltok i studiet (22 ± 3 år, 184 ± 4 cm, 79 ± 7 kg, $73\pm 3,5$ mL \cdot kg $^{-1}\cdot$ min $^{-1}$). I forkant av studiet ble det gjennomført maksimaltest for vurdering av $VO_{2\text{maks}}$, samt submaksimale tester for måling av arbeidsøkonomi. Disse målingene ble brukt til estimering av sammenhengen mellom O_2 krav og arbeidsbelastning som igjen ble brukt til kalkulering av ΣO_2 underskudd i hovedforsøket. Hovedforsøket bestod av 800 m prestasjonstester (6°) med om lag 21 min pause mellom (25 min mellom startene). Dette forsøket ble gjennomført 2 ganger på to ulike dager med ulik restitusjonsprotokoll. Ved aktiv restitusjon (AR) løp FP i 16 min på en belastning tilsvarende ~ 60% av $VO_{2\text{maks}}$, mens de ved passiv restitusjon (PR) satt i ro på en stol gjennom restitusjonsperioden.

Resultat: Laktat konsentrasjonen i blod [La^-] var høyere ved start av den andre 800 m testen (T2) sammenlignet med den første (T1) ved PR med ikke ved AR. Det var ingen statistisk signifikant endring i prestasjon (tid) mellom T1 og T2 verken ved AR eller PR, og det var heller ingen statistisk signifikant forskjell i endring av prestasjonen mellom de to restitusjonsprotokollene. Det var ingen forskjell i V_E , BF og ΣO_2 krav og opptak mellom T1 og T2 AR, mens $VO_{2\text{maks}}$, La^- og HF_{maks} var signifikant høyere, samt ΣO_2 underskuddet signifikant redusert ved T2. Med unntak av en statistisk signifikant økning i La^- er det ingen statistisk signifikante forskjeller mellom T1 og T2 ved (PR).

Konklusjon: : Hovedfunnene i denne studien var at til tross for at $[La^-]$ i blodet var høyere ved start T2 ved PR sammenlignet med AR, var det ingen forskjell i prestasjon. Bedret aerob kapasitet (akkumulert O_2 opptak) ved AR ser ut til å bli kompensert av redusert anaerob kapasitet sammenlignet med PR. Likevel, sprintlangrenn handler om marginer, og en tendens (ikke signifikant) til bedret prestasjon ved aktiv restitusjon kan derfor være av stor betydning.

Forklaring av forkortelser

Forkortelse	Forklaring
FP	Forsøksperson
AR	Aktiv restitusjonsprotokoll
PR	Passiv restitusjonsprotokoll
T1	Test 1
T2	Test 2
$VO_{2\text{maks}}$	Maksimalt oksygenopptak ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)
HF_{maks}	Maksimal hjertefrekvens (Slag pr min)
$V_{E\text{ maks}}$	Maksimal ventilasjon (L/min)
La^-	Laktat
$[La^-]$	Laktatkonsentrasjon
Σ	Akkumulert
P	Signifikantnivå
SD	Standardavvik
REK	Regional etisk komité for medisinsk forskningsetikk

Innholdsfortegnelse

1.0 Innledning	9
2.0 Teori	10
2.1 Prestasjonsbestemmende faktorer i sprintlangrenn	10
2.1.1 Aerob energiomsetning.....	11
2.1.2 Anaerob energiomsetning.....	13
2.2 Effekten av AR vs PR på fysiologiske faktorer knyttet til prestasjon.....	14
2.3 Effekten av AR vs PR på eliminasjon av La^-	15
2.4 Effekten av forhøyede blodlaktatverdier på prestasjon.....	17
3.0 Problemstilling	19
3.1 Hypotese.....	19
4.0 Metode	20
4.1 Forsøkspersonene.....	20
4.2 Design.....	21
4.2.1 Submaksimale tester og $VO_{2\text{ maks}}$ 1000m prestasjonstest.....	21
4.2.2 Repetert 800m maksimal prestasjonstest.....	22
4.2.3 Restitusjonsprotokollene.....	24
4.2.4 Kalkulering av akkumulert (Σ) oksygen underskudd.....	25
4.3 Måleutstyr.....	27
4.5 Statistikk.....	28
5.0 Resultater	29
6.0 Diskusjon	34
6.1 Prestasjon (Tid).....	34
6.2 Endringer i HF, $VO_{2\text{ max}}$ og ΣO_2 underskudd.....	37
6.3 Blodlaktat [La^-].....	38
6.4 Begrensninger ved studiet.....	40
6.5 Konklusjon.....	42
Referanseliste	43

Vedlegg	51
Vedlegg 1. Forespørsel om deltakelse i prosjektet.....	51
Vedlegg 2. Søknad REK.....	56
Vedlegg 3. Godkjenning fra REK.....	63
Vedlegg 4. Spørreskjema; Utøverens rutiner for restitusjon.....	65
Vedlegg 5. Tillatelse til bruk av figur. Losnegard et al., 2012.....	66

Figuroversikt

Figur 2.1. Fordeling av aerob og anaerob energifrigjøring ved sprint test.....	11
Figur 2.2. Prestasjonsbestemmende faktorer i utholdenhetsidrett.....	12
Figur 4.1. Test-protokollen for laktatprofil og VO_{2max} 1000m prestasjonstest.....	21
Figur 4.2. Testprotokoll for aktiv restitusjon.....	23
Figur 4.3. Testprotokoll for passiv restitusjon.....	23
Figur 4.4. Skjematisk fremstilling av laboratoriet.....	24
Figur 4.5. Tidspunkter for av $[La^-]$ i blodet.....	25
Figur 4.6. Skjematisk fremstilling av kalkulering av $\sum O_2$ krav.....	26
Figur 4.7. Illustrasjon av O_2 Krav og det faktiske O_2 opptaket.....	26
Figur 5.1. Forskjeller mellom aktiv og passiv restitusjonsprotokoll.....	30
Figur 5.2. Viser løpsutviklingen ved T2 under repetert 800 m test.....	31
Figur 5.3. Individuelle variasjoner i prestasjon.....	31
Figur 5.4. A+B . Utvikling i $[La^-]$ i blodet og HF.....	32
Figur 5.5. Oksygenkinetikk de første 60 sekundene av T2.....	33

Tabelloversikt

Tabell 2.1. Oversikt over tidligere studier.....	19
Tabell 4.1. Antropomiske variabler for inkluderte forsøkspersoner.....	20
Tabell 4.2. Forsøkspersonenes rutiner mellom to sprintheat.....	25
Tabell 5.1. Endring i prestasjon (tid) og fysiologiske parameter.....	29

1.0 Innledning

Langrennssporten har gjennomgått store forandringer de siste tiårene med introduksjon av fellesstarter og sprintlangrenn. Siden det første sprintrennet i verdenscupen i Reit Im Winkl i 1996, har denne konkurranseformen blitt ytterligere spesialisert. Optimalisering av trening, taktikk, samt utstyr gjør at denne konkurranseformen er i stadig utvikling. Det unike med sprintlangrenn som konkurranseform i forhold til andre idretter, er at konkurransen består av tre innledende runder og finale (kvalifisering, kvartfinale, semifinale og finale) som gjennomføres i løpet av 3 timer, med restitusjonsperiode fra 18-60 min (www.FISski.com). Det setter store krav til rask restitusjon og en del av konkurransen blir derfor å gjennomføre tiltak for eksempel knyttet til næringsinntak og aktivitet som påskynder restitusjonen. Observasjon fra konkurranse viser stor variasjon i gjennomføringen både hva bevegelsesform og intensitet angår. Både løp, ski og sykkel benyttes, samtidig som individuelle variasjoner gjør at intensiteten kan variere fra svært lav til moderat og relativt høy.

Det er blitt gjennomført flere studier av effekten av ulike aktive (AR) og passive (PR) restitusjonsprotokoller ved forsøk på sykkel, løp og svømming (bl.a McAinch et al., 2004; Weltman et al., 1979; Greenwood et al., 2008; Dupont et al. 2003). Både testprotokoll, restitusjonstid og restitusjonsprotokoll har variert i stor grad mellom de ulike studiene, fra arbeid på 15 s til 20 min, restitusjonstid fra 15 s til 20 min, og restitusjonsintensitet fra 20 til 65% av VO_{2maks} ved AR.

Sprintlangrenn har i relativt stor utstrekning blitt studert de siste tiårene (Stöggl, Lindinger, Müller 2007A; Stöggl, Lindinger, Müller, 2007B; Mikkola et al. 2010; Zory et al. 2006; Sandbakk et al. 2010, 2011; Losnegard, Myklebust, Hallén, 2012). Det finnes imidlertid lite dokumentasjon om optimal restitusjon med tanke på intensitet, og hvordan dette påvirker prestasjon og fysiologiske faktorer ved repetert arbeid i langrenn. Derfor omhandler denne studien effekten av to ulike restitusjonsprotokoller på prestasjon og aktuelle fysiologiske faktorer ved repetert maksimalt arbeid.

2. Teori

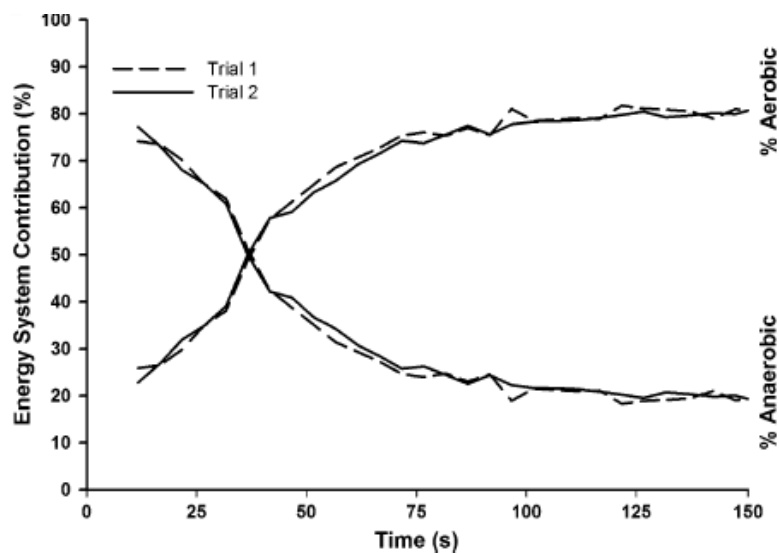
Langrennsprint er en konkurranseform som strekker seg over 800-1800 m bestående av en innledende kvalifisering (prolog) etterfulgt av tre heat (kvartfinale, semifinale og finale). Prologen gjennomføres som enkeltstart, der de 30 beste går videre til kvartfinalene. Finalene gjennomføres som fellesstart, med 6 løpere i hvert heat. De to beste fra hvert heat, samt de to beste tidene, kvalifiserer seg til neste finale. Hele konkurransen, fra kvalifisering til finale, gjennomføres i løpet av 3 timer og restitusjonsperioden mellom heatene varierer fra 17-60 min, med opp mot 60 min fra kvalifisering til kvartfinale og 17-37 min mellom finalene. Den gjennomsnittlige prologtiden hos de tre beste i herreklassen i World Cup var ~170 sekunder (s) (2006-2010, www.FISski.com). Gastin (2001) presenterer i sin studie en sammenheng mellom varigheten ved et maksimalt arbeid og en fordeling mellom aerob og anaerob energifrigjøring. Ut i fra dette må langrennsprint anses å være en form for mellomdistanseidrett.

2.1 Prestasjonsbestemmende faktorer i sprintlangrenn

Prestasjon i typiske utholdenhetsidretter er i stor grad bestemt av den totale energifrigjøringen og arbeidsøkonomi, altså hvor stort arbeid som kan gjøres ved et gitt O_2 -forbruk. Ved lengre distanser (> 10 min) er VO_{2maks} og utnyttingsgraden viktigst for den totale energiomsetningen. Utnyttingsgraden forteller hvor stor del VO_{2maks} som kan utnyttes ved den aktuelle distansen. Ved kortere distanser, som ved sprintlangrenn (~3 min), vil oksygenopptaket være nær maksimalt mot slutten og betydningen av utnyttingsgraden er derfor mindre. Derimot vil oksygenkinetikken, det vil si hvor raskt O_2 -opptaket øker i starten av arbeidet være av betydning. Det er også vist at en av de viktigste enkeltstående faktorene for prestasjon både i sprint- og distanselangrenn er VO_{2maks} (Losnegard et. al., 2012; Ingjer., 1991; Sandbakk et al., 2010; Vesterinen et al., 2009).

Flere studier på løp og sykkel, med varighet tilsvarende et sprintheat i langrenn, har vist at en stor del av energifrigjøring er anaerob, da VO_{2maks} ikke dekker det totale energikravet. Ved maksimalt arbeid over 155 - 210 s er det vist at 65-75% av den totale energifrigjøringen er aerob, mens anaerob dekker det resterende kravet (Medbø & Tabata, 1989; Péronnet & Thibault, 1989; Ramsbottom, Nevill, Nevill, 1994;

Ramsbottom, Nevill, Nevill, 1997; Spencer & Gastin, 2001). Losnegard, Myklebust, Hallén (2012) bekreftet denne fordelingen ved en simulert skisprint på tredemølle for rulleski, der 73% av energibehovet ble dekket av aerob energifrigjøring ved 600 m prestasjonstest (~170 s). En forsinkelse i økning i oksygenopptak fører til at oksygenunderskuddet er størst i starten av arbeidet og reduseres deretter.



Figur 2.1 Viser prosentfordelingen av aerob og anaerob energifrigjøring de 150 første sekundene av 600 m prestasjonstest på rulleski (tredemølle for rulleski). Figur hentet med tillatelse fra Losnegard , Myklebust, Hallén (2012) (Vedlegg 5).

2.1.1 Aerob energiomsetning

Det maksimale oksygenopptaket beskriver den maksimale hastigheten på den aerobe energiomsetningen. Aerob energifrigjøring er gjendanning av adenosintrifosfat (ATP), ved hjelp av energien fra forbrenning av næringsstoffer til CO_2 H_2O ved bruk av oksygen. Pyrodruesyremolekyler blir brutt ned i mitokondriene gjennom en serie av reaksjoner, som samlet blir kalt *sitronsyresyklus* (Sand, Sjaastad, Haug, 2001). Ved fullstendig oksidasjon av glukose gjennom glykolysen, sitronsyresyklus og elektrontransportkjeden, vil ca 40% av energien bli lagret i form av (ATP). Den resterende energien blir frigjort i form av varmeenergi (Sand et al. 2001). Størrelsen på den aerobe energifrigjøringen avhenger i stor grad av muskelcellenes tilgang på oksygen. På denne måten vil diffusjonskapasiteten for oksygen i lungene, hjertets pumpekapasitet, blodets transportkapasitet for oksygen og diffusjonskapasiteten til musklene blodsirkulasjon anses å være begrensende faktorer for det maksimale oksygenopptaket (Apor & Borka, 2001; Hoppeler & Weibel, 2000).

2.1.2 Anaerob energiomsetning

ATP er muskelcellenes energisubstrat, uavhengig av de foreliggende prosessene (Gastin, 2001). Ved høy intensitet, der aerob energifrigjøring ikke dekker energikravet, gjendannes ATP ved anaerob energifrigjøring (McArdle et al., 2001). Prosessene er nært knyttet til hverandre, og samarbeider for å tilfredsstille energibehovet til muskelen (Gastin, 2001). Mens aerob energifrigjøring skjer i mitokondriene, foregår anaerob energifrigjøring i cytosol, der glukose blir brutt ned til ATP og reduserte koenzym (NAD-2H) gjennom glykolysen (Sand et al., 2001; Gastin, 2001). Denne prosessen er ikke avhengig av oksygen. Mens aerob energifrigjøring gjennom fullstendig oksidasjon av et glukosemolekyl gir en nettogevinst på 37 ATP, gir anaerob energifrigjøring 2 ATP (Sand et al. 2001). I tillegg til ATP og NAD-2H er sluttproduktet av glykolysen to pyrodruesyremolekyler for hvert glukosemolekyl. Disse molekylene inneholder fremdeles mesteparten av den kjemiske energien fra glukosemolekylene, og under aerobe forhold kan denne restenergien bli frigjort gjennom cellerespirasjon i mitokondriene (Sand et al. 2001).

Tross god kjennskap til prosesser knyttet til anaerob energifrigjøring finnes det per i dag ingen gode metoder for direkte måling av anaerob kapasitet (Gastin, 2001). Likevel, konseptet med $\sum O_2$ underskudd ble allerede presentert i 1920 av Krogh & Lindhard (1920), og Medbø et al. (1988) er av noen som har utviklet indirekte metoder for beregning av det maksimale O_2 -underskuddet. Ved submaksimale belastninger, der O_2 -kravet dekkes aerobt og dermed kan måles ved direkte måling av O_2 -opptaket, er det påvist en sammenheng mellom arbeidsbelastning og energiforbruk. En antagelse om at denne sammenhengen også eksisterer ved anaerob energifrigjøring gjør at O_2 -kravet kan estimeres for hver enkelt FP ved supramaksimale belastninger (Gastin, 2001). Ved å ekstrapolere sammenhengen mellom arbeidsbelastning og et O_2 -opptak fra submaksimale belastninger kan man estimere O_2 -kravet for maksimale belastninger. Videre kan O_2 -underskuddet kalkuleres som differansen mellom O_2 -krav og O_2 -opptaket. Dette O_2 -underskuddet defineres som det anaerobe bidraget ved et arbeid. På tilsvarende måte kan det akkumulerte O_2 -underskuddet estimeres (Medbø et al., 1988). Det $\sum O_2$ -underskuddet defineres som anaerob kapasitet.

Et studie av Losnegard, Myklebust, Hallén (2012) viste en signifikant korrelasjon mellom prestasjon på 600 m sprinttest på rullskimølle og ΣO_2 underskudd hos langrennsløpere på elitenivå. Dette understrekes ved at de tre løperne med dårligst prestasjon på testen også hadde lavest anaerob kapasitet (ΣO_2 underskudd), mens de tre raskeste hadde høyest anaerob kapasitet. Dette støttes av Stöggl et al. (2007), der økt anaerob kapasitet skilte utøvere på ulike nivåer. På denne måten ser det ut til at anaerob kapasitet er avgjørende for prestasjon hos utøvere på elitenivå.

Aerobkapasitet er likevel også av stor betydning i sprintlangrenn. Sammenlignet med verdens cup (WC) distanseløpere (Bergh, 1987; Ingjer, 1991; Holmberg, Rosdahl, Svedenhag, 2007) fant Sandbakk et al. (2011) ingen forskjell i O_2 -opptak (L/min) sammenlignet med WC sprintere, samtidig som langrennssprintere på internasjonalt nivå har høyere VO_{2peak} sammenlignet med sprintere på nasjonalt nivå (Sandbakk et al., 2011).

Prestasjonsbestemmende faktorer for sprintlangrenn er i relativt stor grad studert (Losnegard Myklebust, Hallén, 2012; Ingjer, 1991; Vesterinen et al., 2009; Sandbakk et al., 2011; Stöggl, Lindinger, Müller, 2007; Mikkola, Laaksonen, Holmberg, Vesterinen, Nummela, 2010). Vi finner imidlertid lite litteratur som tar for seg effekten av ulik restitusjon på disse parametrene, samt prestasjon, ved repetert arbeid. Denne informasjonen vil øke forståelsen av hvordan forskjellige restitusjonsprotokoller påvirker prestasjon, samt prestasjonsrelaterte faktorer, noe som er viktig med tanke på optimal restitusjon under konkurranse.

2.2 Effekten av AR vs PR på fysiologiske faktorer knyttet til prestasjon

Det er en generell enighet om at aktiv restitusjon (AR) fremskynder restitusjonsprosesser sammenlignet med passiv restitusjon (PR) (Ahmaidi et al., 1994; Bond et al., 1991; Dodd et al., 1984; Gisolfi, Robinson & Turrell 1966; Gupta et al., 1996; Hermansen & Stensvold 1972; Stamford et al. 1991c; Thiriet et al., 1993; Weltman et al., 1977). Thevenet et al. (2007) fant i sin studie økt tid til utmattelse ved PR, men at AR øker evne til å opprettholde intensitet over 90 - 95% av VO_{2maks} sammenlignet med PR ved intervallpreget arbeid. Miladi et al. (2011) viser i sin studie en signifikant høyere VO_{2maks} og HF_{peak} ved repetert prestasjonstest på sykkel etter AR sammenlignet med PR, noe som støttes av Fujita et al. (2009) og Bogdanis et al. (1996). Ved repetert arbeid (> 2min) med restitusjonstid på 2-12 min har AR en

positiv effekt på O₂ kinetikk sammenlignet med PR (Dorado et al., 2004; Gerbino, Ward, Whipp, 1996), da AR medfører en høyere-baseline verdi ved oppstart post-test (Weltman et al., 1979). Ved likt totalt arbeid kan dette medføre en reduksjon i $\sum O_2$ underskudd sammenlignet med PR (Dorado et al., 2004).

Flere studier viser et fall i prestasjon ved repetert arbeid, uavhengig av restitusjonprotokoll ved maksimalt arbeid (Fujita et al., 2009; Thiriet et al., 1993; Monedero & Donne, 2000; McAinch et al., 2004). Dette bekreftes av Stöggl, Lindinger, Müller (2007B) sin studie for å kartlegge korrelasjonen mellom ulike fysiologiske parameter og prestasjon i klassisk sprintlangrenn, der prestasjonen var uendret fra første til tredje prestasjonstest (ikke signifikant fall). På denne måten er hensikten med restitusjon å minimere fallet. Er derimot arbeidet av kort varighet (<115sek arbeidstid) har studier vist en bedret prestasjon ved repetert test (Greenwood et al., 2008). Det ser ut til at både O₂-opptak og HF øker signifikant ved AR ved post-test sammenlignet med pre-test (Fujita et al., 2009; Boganis et al., 1996). Ved PR ser endringene ut til å være mindre (Fujita et al., 2009).

Effekten av ulike restitusjonsprotokoller er diskutert. Det er som nevnt enighet om at aktiv restitusjon på submaksimal belastning (< 63% av VO_{2max}) fører til økt oksidasjon av blodlaktat sammenlignet med PR, selv om effekten av endringen på prestasjon er diskutert. Flere studier gjort på svømming og sykkel rapporterer en signifikant forskjell i prestasjon ved repetert arbeid ved sammenligning av AR og PR. Samtidig viser noen studier en ikke-statistisk signifikant forskjell, mens andre ikke viser noen forskjell (Tabell 2.1). Det ser likevel ut til at de individuelle forskjellene i prestasjon er større ved PR sammenlignet med AR (Greenwood et al. 2008).

Disse studiene er i liten grad knyttet opp til reell prestasjon i den aktuelle idretten, da konkurranseform og restitusjonstid i stor grad avviker. På denne måten vil dette studiet kunne gi innsikt i reelle data knyttet til prestasjon innenfor sprintlangrenn.

2.3 Effekten av AR vs PR på eliminering av La^-

Det har i over 100 år vært kjent at det eksisterer en sammenheng mellom muskelaktivitet og produksjon av La^- , og allerede tidlig på 1900-tallet viste studier at skjelettmuskulaturen også var viktig for oksidering av La^- (Van Hall et al., 2002). Likevel har La^- lenge blitt sett på som et avfallstoff dannet ved mangel på oksygen i muskelcellene, og som bare kunne elimineres ved glukoneogenese i leveren og nyrene (Brooks, 2000; Van Hall et al., 2002).

Glukose er det viktigste energisubstratet for muskelcellene (Dahl 2008).

Energifrigjøringen fra glukose, via adenosintrifosfat (ATP) skjer i en trinnvis enzymatisk nedbrytning der resultatet blir energi, CO_2 og H_2O (Dahl 2008; Sand et al. 2007). Ved utilstrekkelig tilgang på O_2 vil en del av energifrigjøringen skje anaerobt. Denne type energifrigjøring frigjør kun 5% av energien i form av ATP sammenlignet med aerob metabolisme, samtidig som det dannes laktatmolekyler ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$) (Dahl 2008; Sand et al. 2007). Denne gjenværende energien kan frigjøres ved oksidering i den gitte muskelfiberen, transporteres over cellemembranen og brukes i andre muskelcellers energimetabolisme eller gjendannes til glykogen i leveren (Dahl 2008). På denne måten utgjør La^- en viktig rolle i distribusjonen av denne energien mellom cellene (Brooks, 2000). Ved studier på mennesker er det vist at 75-80% av produsert laktat blir eliminert gjennom oksidasjon, mens de resterende 20-25% elimineres via glukoneogenese til glukose og glykogen (Brooks, 2000). La^- konsentrasjonen under aktivitet er derfor avhengig av både La^- produksjonen i den aktuelle muskelen/ muskelgruppen, blodstrøm, samt opptak og oksidasjon av La^- i lever, hjerte- og skjelettmuskulatur (Bangsbo et al., 1994; Brooks, Brauner, & Cassens, 1975; Jorfeldt, 1970; Rowell, 1964; Rowell et al., 1966). Allerede i 1972 viste Hermansen & Stensvold (1972) at La^- ble eliminert raskere ved aktivitet ved 63% av $\text{VO}_{2\text{max}}$ sammenlignet med hvile, noe som støttes av flere senere studier (Bond et al., 1991; Falk et al., 1995; Gupta et al., 1996; Bangsbo et al., 1994; Monedero & Donne, 2000). Hvor mye La^- en muskel kan oksidere under aktivitet avhenger blant annet av størrelsen på oksygenforbruket, mengden tilgjengelig La^- i blodet ($[\text{La}^-] \cdot \text{blodstrøm}$), samt muskelens aerobe kapasiteter (Brooks, 2000; Van Hall et al., 2002). Type 1 fibre har vist seg å ha større oksideringskapasitet av La^- sammenlignet med type 2 fibre, noe som sannsynligvis skyldes mitokondrievolumet (Brooks 2000). Dette gjør at utholdenhetstrener har større evnen til å oksidere La^- enn

utrente (Brooks 2000). Skal beinmuskulaturen ta opp og oksidere samme mengde La^- i hvile som ved klassisk diagonal ved en arbeidsbelastning på 80% av $\text{VO}_{2\text{max}}$ ville oksygenforbruket i den hvilende muskelen måtte firedobles (Van Hall et al., 2002). Ved staking på stakeergometer er det vist at armene har en netto laktat frigjøring til blodet, mens beina har et netto opptak (Rud, Secher, Nilsson, Smith, Hallén, Upublisert), og at beinas evne til å ta opp og oksidere laktat avhenger av arbeidsintensiteten (van Hall et al., 2003; Rud et al., Upublisert). Ved arbeidsbelastning over aerob terskel vil netto oksidasjon av La^- gå over til netto produksjon, noe som resulterer i lavere pH verdi i cytosol (Hermansen & Stensvold, 1972). Ved svært høy intensitet vil dette gjøre at muskulaturen ikke kan frigjøre energi fra anaerob metabolisme i mer enn noen minutter før prestasjonen vil falle (Sand et al. 2007).

2.4 Effekten av forhøyede blodlaktatverdier på prestasjon

Hvorvidt forhøyet $[\text{La}^-]$ har en negativ effekt på prestasjon er diskutert. Flere studier hevder det er et negativt forhold mellom prestasjon og økt $[\text{La}^-]$ (Karlsson et al., 1975; Klausen, Knuttgen & Forster, 1972; Stamford, Rawland & Moffatt, 1978; Stamford et al., 1978), samtidig som flere studier har konkludert med at økt eliminering av La^- som et resultat av AR ikke motvirker et fall i prestasjon ved repetert arbeid (Bond et al., 1991; Thiriet et al., 1993; Weltman et al., 1977; Weltman, Stamford & Fulco, 1979; Monedero & Donne, 2001). Likevel mener Greenwood et al. (2008) at endring i $[\text{La}^-]$ kan bedre prestasjon ved repetert arbeid der lengden på arbeidet er kort og energifrigjøringen i hovedsak anaerob, da pH endringer i cytosol etter pre-test kan føre til redusert funksjon hos de glykogenedbrytende enzymene, som laktat dehydrogenase og fosfofruktokinasen. Reduksjon i $[\text{La}^-]$ i blodet vil derfor øke muskelens kontraksjonsevne gjennom økt evne til aerob energifrigjøring og på denne måten redusere fallet i prestasjonen ved post-test. Ved kontinuerlig arbeide over lengre tid, der en større del av energifrigjøringen er aerob, vil dette påvirke prestasjonen i mindre grad (Greenwood et al., 2008).

Språk i tidligere funn kan skyldes mange faktorer. Likevel, restitusjonstid i langrennsprint er begrenset, noe som gjør at forståelsen av laktat sin effekt på prestasjon kan være avgjørende for valg av restitusjonsstrategi i konkurranse

Tabell 2.1 Oversikt over studier relatert til effekten av AR og PR på prestasjon og fysiologiske parametre

Forfattere	N	Kjøn	Bevægestform	Treningsstatus	AR bevegelseform	Restitusjonstid	AR intensitet	Prestasjonstest	Hovedfunn
Test med varighet over 1 min, og/eller restitusjonstid over 10min									
McAinch et al., 2004	7	Menn	Sykkel	Trent	Sykling	15min	40% av VO _{2max}	20min maksimal	Ingen signifikant forskjell i totalt arbeid (% ikke mulig å beregne). AR ↑(signifikant) i [La-] oksidasjon vs PS under rest. AR ~1% ↑ (ikke signifikant) bedre prestasjon ved test 2 vs PS. AR ↑(signifikant) i [La-] oksidasjon vs PS under rest. Ingen signifikant forskjell (trakk pr/min) (% ikke mulig å beregne). AR ↑(signifikant) i [La-] oksidasjon vs PS under rest.
Monedero & Dome, 2000	18	Menn	Sykkel	Godt trente syklist	Sykling	15min	50% av VO _{2max}	5km prestasjonstest (-6-30min)	PS. AR ↑(signifikant) i [La-] oksidasjon vs PS under rest.
Wehman et al., 1979	9	Menn	Sykkel	Trent	Sykling	20min	1. 40% av VO _{2max} 2. 65% av VO _{2max}	5min maksimal	Ingen signifikant forskjell (trakk pr/min) (% ikke mulig å beregne). AR ↑(signifikant) i [La-] oksidasjon vs PS under rest.
Greenwood et al., 2008	14	Menn	Svømming	Godt trente svømmere	Svømming	10min	Velocity@LT Velocity@LT0.5 Velocity@LT1.5	200yards (-1.15min)	AR (Signifikant) ↑ ved Velocity@LT (-4.5%) og ved Velocity@LT1.5 (-2%) bedre prestasjon ved test 2 vs. PS. Alle AR intensitetene ↑ (Signifikant) i [La-] oksidasjon vs PS under rest.
Rasooli et al., 2012	17	Menn	Svømming	Godt trente svømmere	Svømming	10min	65% av maksimal 200m hastighet	200m	AR ~6% ↑ (ikke signifikant) bedre prestasjon (tid) ved T 2 vs PR AR ↑(signifikant) i [La-] oksidasjon vs PS under rest.
Wehman & Regan, 1983	9	Menn	Sykkel	Trent	Sykkel	20min	40% av VO _{2max}	Til umattelse med trakk-frekvens over 60ipm (-4-7min). Intensitet tilsvarende 110% av VO _{2max}	Ingen signifikant forskjell i tid til umattelse og trakkfrekvens mellom AR og PR. [La-] signifikant lavere ved AR ved endt restitusjon vs. PR. AR ↑(signifikant) høyere baselinje VO2 (l/min) ved start T2 vs. PR AR ↑(signifikant) høyere VO ₂ fra 30 til 60s ved T2 vs. PR Ingen signifikant forskjell i VO _{2peak} ved T2 mellom AR og PR
Thiriet et al., 1993	16	Menn	Sykkel	Trent	Sykkel	20min	30% av MAP Maksimal aerob power	4s til umattelse med trakk-frekvens over 40ipm Intensitet tilsvarende av 130% av MAP	Signifikant resuksjon i prestasjon (distansse) i alle gruppene ved 4 repeterte maksimale arbeider. Signifikant større fall ved PR vs AR. AR ↑(signifikant) tid til umattelse vs PR Signifikant lavere fall i kraftutvikling (W) ved AR vs PR ved 4 repeterte maksimale arbeider.
Lau et al., 2001	19	Menn	Skøyter	Profesjonelle	Sykkel	15min	Selvtale intensitet (50-70ipm)	7-40s (90sek pause)	AR ↑(signifikant) i [La-] oksidasjon vs PS under rest. Ingen signifikant forskjell i prestasjon (total distansse) mellom AR og PR. Ingen signifikant forskjell i prestasjon pr 40s test ved verken AR eller PR Ingen forskjell i kossidasjon av [La-] mellom AR og PR i pausen Ingen korrelasjon mellom [La-] konsentrasjon og prestasjon ved T2 Ingen signifikant forskjell i prestasjon mellom AR og PR. AR ↑(signifikant) i [La-] oksidasjon vs PS under rest. HF ↑(signifikant) ved AR gjennom pausen vs. PR HF _{peak} ↑(signifikant) ved AR ved gjennom post-test vs. PR Ingen signifikant forskjell i prestasjon mellom AR og PR
Malone et al., 2012	13	Menn	Sykkel	Godt trente triatleter	Sykkel	30min	30% av VO _{2max}	3x30s Wingate-test	AR ~3% ↑ (signifikant) ved AR ved gjennom post-test vs. PR
De Pauw et al., 2010	8	Menn	Sykkel	Trent	Sykkel	20min	Sykling ved 80W	30min ved 55% av W _{max} etterfulgt av 30min ved 75% av W _{max} (Maksimal Watt)	Ingen signifikant forskjell i prestasjon mellom AR og PR
Test med varighet under 1 min, og/eller restitusjonstid under 10min									
Fujita et al., 2009	10	Menn	Sykkel	Trent	1. Arm sykling 2. Beinsykling	20min	31% VO _{2 peak}	40s Wingate-test	AR ~6% ↑ (signifikant) totalt arbeid ved test 2 vs. PR. Ikke signifikant i [La-] oksidasjon ved AR under rest. AR Signifikant ↑ VO _{2peak} og HF _{peak} ved T2 vs. PR
Dupont et al., 2003	12	Menn	Løp	Trent	Løp	15s	50% av MAS (Maksimal aerob hastighet)	15sekunder repetert til umattelse (120% av MAS (Maksimal aerob hastighet))	PR ~40% ↑ (signifikant) i total tid til umattelse vs. AR PR ~15% ↑ (signifikant) i total distansse (m) vs. AR AR ↑(signifikant) høyere akkumulert O ₂ krav Ingen signifikant forskjell i gjennomsnittlig VO ₂ , HF og [La-] PR ~6% og 5% ↑ (signifikant) i gjennomsnittlig effekt (Watt) vs. AR 20% og AR 40%.
Dupont et al., 2007	12	Menn	Sykkel	Trent	Sykkel	15s	1. 20% av MAP 2. 40% av MAP (Maksimal aerob power)	15s og 30s Wingate-test	AR ~3% ↑ (signifikant) gjennomsnittlig effekt (W) vs PR AR ~17% ↑ (signifikant) VO ₂ (lmin ⁻¹) vs. PR
Bogdanis et al., 1996	13	Menn	Sykkel	Trent	Sykling	4min	40% av VO _{2max}	30s Wingate-test	AR ~13% og 9% ↑ (signifikant) i total tid til umattelse ved 3 og 4 repeterte arbeid vs. PR.
Dorado et al., 2004	10	Menn	Sykkel	Trent	Sykling	5min	20% av VO2max	4s arbeid til umattelse. Intensitet tilsvarende ~110% av VO2max	AR redusert (signifikant) 502 underskuddet ved 2,3 og 4 arbeid. AR ↑(signifikant) VO _{2peak} , VO _{2max} og VO ₂ kinetikk vs. PR

3.0 Problemstilling

Hensikten med denne studien er å undersøke hvordan en aktiv (AR) og passiv (PR) restitusjonsprotokoll mellom to sprintheat i langrenn påvirker prestasjon, $\text{VO}_{2\text{maks}}$, $[\text{La}^-]$ i blodet og O_2 -underskudd.

3.1 Hypotese

AR vil føre til:

- Lavere fall i prestasjon ved repetert maksimal prestasjonstest sammenlignet med PR.
- Økt $\text{VO}_{2\text{maks}}$ sammenlignet med PR, men ingen endring i O_2 -underskudd.
- Større fall $[\text{La}^-]$ i blodet i pausen mellom heatene sammenlignet med PR

4.0 Metode

Forsøkspersonene (FP) gjennomførte to prestasjonstester på rulleskimølle med et 25 min tidsintervall mellom start av test 1 (T1) og test 2 (T2). Ved en tilfeldig valgt rekkefølge gjennomførte FP en aktiv og en passiv restitusjonsprotokoll over 2 dager, ved samme tid på døgnet (± 2 timer), med minimum 48 timer og maksimum 145 timer mellom hver test. Studie er godkjent av REK (Vedlegg 3) etter søknad (vedlegg 2).

4.1 Forsøkspersonene

Åtte mannlige lagrennsløpere og to skiskyttere på høyt nasjonalt nivå deltok i studiet. Antropometriske variabler, samt maksimalt oksygen opptak (VO_{2max}) er beskrevet i Tabell 4.1. Tre forsøkspersoner var sprintere med topp 10 resultater i Norges Cup (NC) og Norgesmesterskapet (NM), fire var distanseløpere, hvorav tre siste års juniorer, med topp 5 i NC/NM, en langløper med topp 10 i FIS Marathon cup, og to skiskyttere med topp 10 i NC.

Tabell 4.1. Antropomiske variabler for inkluderte forsøkspersoner (n=10)

Alder	Vo2 max	Høyde	Vekt	Stavhengde
22 \pm 3	73 \pm 4	184 \pm 4,0	79 \pm 7	166 \pm 4
År	(mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	cm	Kg	cm

Tallene er presentert som Gjennomsnitt \pm SD

Rekrutteringen av FP ble i hovedsak gjort gjennom forespørsel i lagrennsmiljøet i Oslo-området. Utøvere med erfaring fra tilsvarende testing på tredemølle for rulleski ble prioritert. Forsøkspersoner uten tilstrekkelig erfaring gjennomførte minst to tilvenningsøkter, samt submaksimale tester og 1000 m prestasjonstest i forkant av prosjektstart. Alle FP fikk i forkant av prosjektstart informasjon om bakgrunn og hensikt med studiet, samt eventuelle risikoer forbundet med deltagelse. De ble også informert om at de når som helst, uten å oppgi grunn, kunne trekke seg fra prosjektet.

Utøvere med skader eller andre sykdommer som på noen måte kunne påvirke resultatene ble ekskludert fra studiet. Personer som ikke klarte å gjennomføre testdagen i forkant av prosjektet, VO_{2maks} under 70mL·kg⁻¹·min⁻¹ eller 5,5 L/min ble ekskludert.

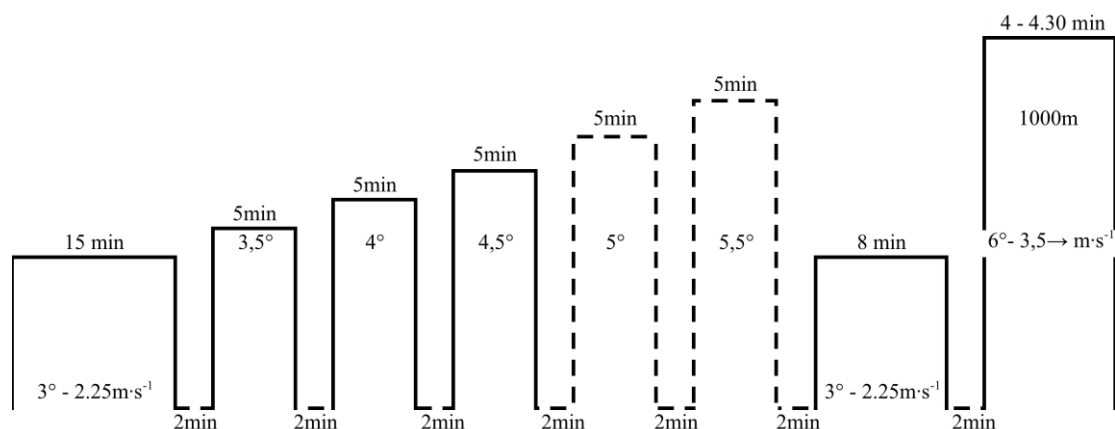
4.2 Design

Alle tester ble gjennomført i perioden mai - september 2011 ved laboratoriet på Norges idrettshøgskole. Studiet omfattet tre testdager der hovedmålet var å undersøke effekten av to restitusjonsprotokoller mellom to sprintheat i langrenn simulert ved to maksimale prestasjonstester på rulleskimølle. Alle testene ble gjennomført i skiskøyteteknikken dobbeldans på en tredemølle for rulleski. Valg av teknikk, stigning og hastigheter er basert på funn gjort av Losnegard, Myklebust, Hallén (2012), der utøvere på elitenivå oppnådde lik prestasjon ved test med 7° stigning uavhengig av teknikk (padding/dobbeltdans). Dag 1 inkluderte submaksimale tester for beregning av arbeidsøkonomi og én 1000 m prestasjonstest for blant annet måling av VO_{2maks} , mens dag 2 og 3 inkluderte to 800 m maksimal prestasjonstester. Årsaken til at det ble benyttet en 1000 m test på dag 1, var at mange FP tidligere hadde blitt testet ved denne protokollen og ønsket å sammenligne resultatene. Testene er beskrevet i mer detalj i avsnittene 4.2.1 og 4.2.2. Forsøkspersonene ble valgt til å starte med AR eller PR ved hjelp av en balansert randomisering.

Pga. en randomiseringsfeil startet 6 forsøkspersoner med AR og 4 med PR.

4.2.1 Submaksimale tester og VO_{2maks} 1000 m prestasjonstest

Etter standardisert oppvarming (15 min, 3 grader stigning, $2.25m \cdot s^{-1}$) gjennomførte FP 3-5 drag á 5 min med 2 min pause. Protokollen ble utført med konstant hastighet og med økende vinkel i dobbeldans (Figur 4.1). FP gjennomførte minimum 3 submaksimale drag, med ytterligere drag inntil FP overskred $> 1,5mmol \cdot L^{-1}$ over utgangsverdien i blod La^{-} .



Figur 4.1. Illustrerer test-protokollen for laktatprofil og VO_{2maks} 1000 m prestasjonstest. Stiplet linje illustrerer inaktivitet/ekstra drag for forsøkspersoner som ikke hadde overskredet $2.5 mmol \cdot L^{-1}$. Alle 5 min terskeldragene ble gjennomført med en hastighet på $3 m \cdot s^{-1}$.

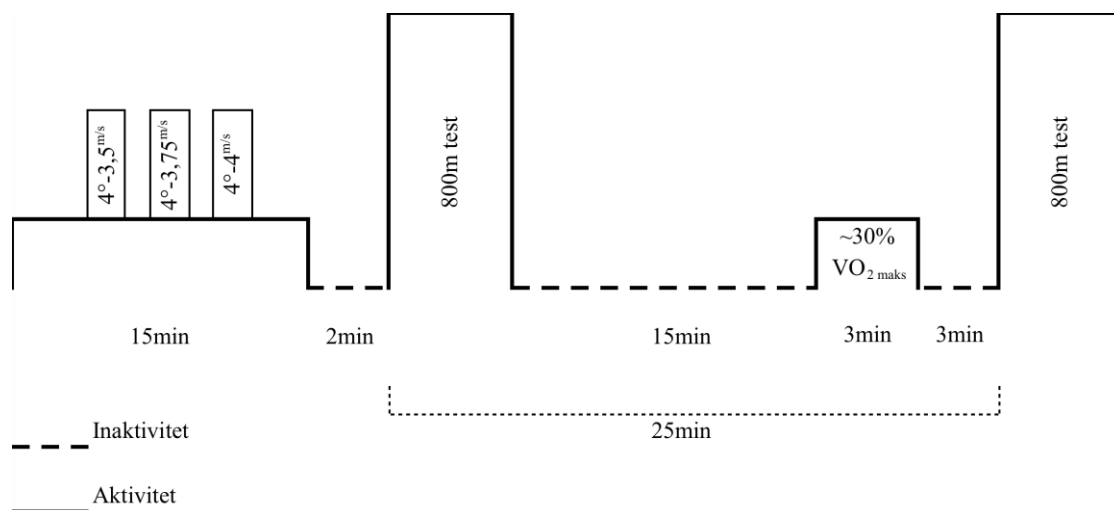
Under den submaksimale testen ble blod La^- målt i etterkant av den standardiserte oppvarmingen, samt umiddelbart etter hvert 5 min drag. O_2 -opptak og HF ble målt de 4 og et halvt første minuttene av hvert drag.

Etter endt submaksimaltest gjennomførte FP 8 min rolig skøyting på rulleski (3 grader, $2.25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) før en 1000 m prestasjonstest med måling av $VO_{2\text{maks}}$ ble gjennomført (Figur 4.1). Protokollen var identisk med 800 m prestasjonstest presentert under 3.2.2, med unntak av de første 100 m som var standardisert til $3,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ og 100-200 m til $3,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

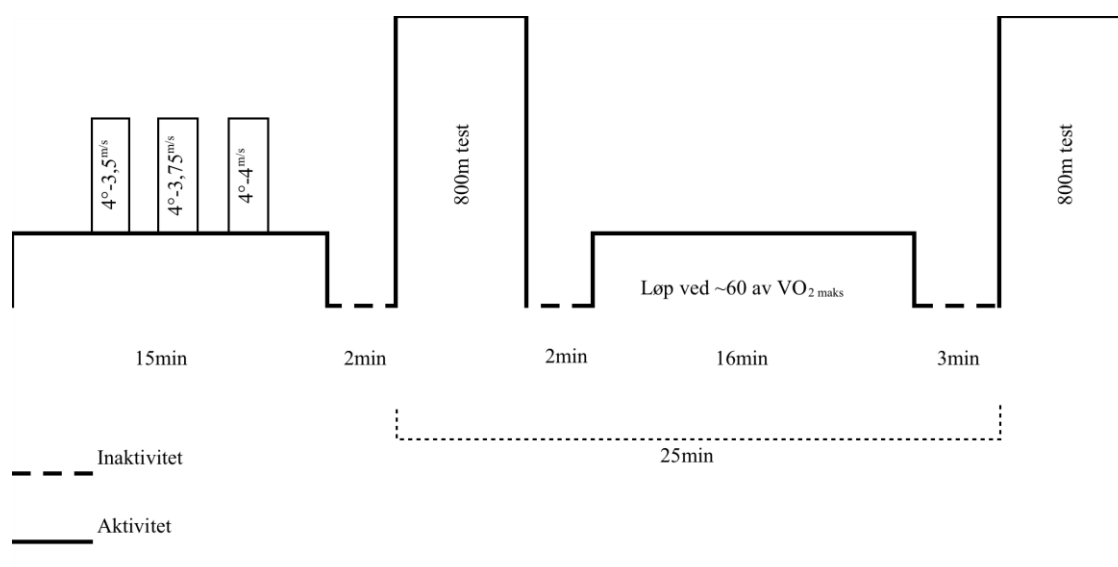
Oksygenopptak ved den submaksimale testen ble brukt til å kalkulere O_2 -krav ved de repeterte 800 m testene for hver enkelt forsøksperson. I tillegg ble utøverens $VO_{2\text{maks}}$ målt for å danne grunnlaget for baseline-verdi og vurdering av nivået til FP med tanke på inkludering i prosjektet.

4.2.2 Repetert 800 m maksimal prestasjonstest

Forsøkspersonene gjennomførte to maksimale 800 m prestasjonstester (T1 og T2). T2 startet 25 min etter start T1, og mellom testene gjennomførte FP enten PR eller AR på to ulike testdager med minst 48 timer, og maksiamlt 145 timer i mellom. Testene skulle simulere to sprintheat i langrenn med tanke på varighet og pause mellom heatene (www.fis-ski.com). Stigningen var konstant 6° gjennom hele testen. Valg av stigning ble gjort for å oppnå en hensiktsmessig, men samtidig forsvarlig fart med tanke på at testen ble gjennomført på tredemølle. I forkant av prestasjonstestene ble det gjennomført en 15 min standardisert oppvarming med rulleski på tredemøllen med en intensitet på $\sim 60\% VO_{2\text{maks}}$. Oppvarmingen inkludert 3 stigningsdrag a 30 s etter 7, 9 og 11 min (Figur 4.2, 4.3). Av sikkerhetsmessige grunner brukte FP sikkerhetssele under prestasjonstestene.



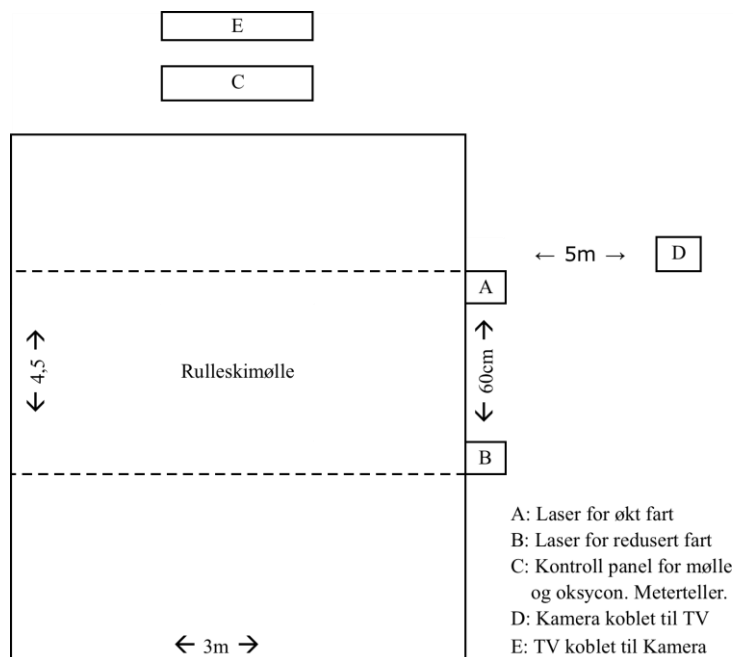
Figur 4.3 Testprotokoll for passiv restitusjon



Figur 4.2 Testprotokoll for aktiv restitusjon

Mellom oppvarming og T1 fikk FP 2 min pause til å drikke (<0,1L sportsdrikk), samt justere utstyret. Farten de første 100 m (36 s) var standardisert til $3.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ av metodiske årsaker, samt å redusere faren for at FP skulle åpne for hardt. De påfølgende 700 m ble farten styrt av FP selv gjennom sin plassering på mølla. Ved at FP plasserte forhjulene i ”øk fart sonen”, foran laser A (Figur 4.4), økte med $0,25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, mens farten ble redusert på tilsvarende måte ved å plassere forhjulene i ”reduser fart

sonen”, bak laser B (Figur 3.4). For å oppnå to fartsøkninger måtte FP slippe seg tilbake, for så å plassere forhjulene i ”øk farten sonen” igjen. Hvis FP ble liggende bak laser B i mer enn 2 s ble farten ytterligere redusert med $0,25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. FP kunne se seg selv gå, samt se sin plassering på mølla på TV(E) koblet til kamera (D). FP hadde også tilgang på en mindre dataskjerm med meterteller (C).



Figur 4.4. Skjematisk fremstilling av laboratorietillegget.

4.2.3 Restitusjonsprotokollene

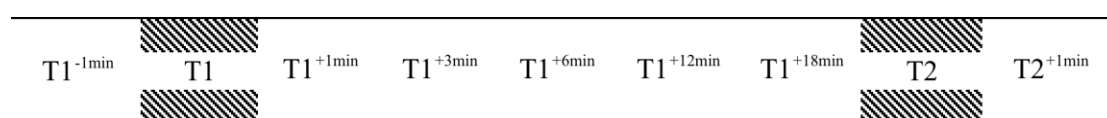
FP gjennomførte to ulike restitusjonsprotokoller mellom de repeterte 800 m prestasjonstestene på de to testdagene. Ved AR hadde FP 2 min pause etter endt T1 etterfulgt av 16 min rolig løp på mølle ved moderat intensitet (~ 60 av $\text{VO}_{2\text{maks}}$) (Figur 4.2). Løp som bevegelsesform ble valgt da flertallet av forsøkspersonene oppga at de hadde løp som bevegelsesform mellom sprintheat i konkurranse (Tabell 3.2). De 3 siste minuttene i forkant av T2 brukte FP til å skifte utstyr og andre forberedelser. Ved PR satt FP på en stol plassert på rulleskimølla i 15 min etter T1 (Figur 4.3). Deretter jogget FP på lav intensitet (~ 30 av $\text{VO}_{2\text{maks}}$) i 3 min (Figur 4.3), for å «myke opp» overgangen mellom total inaktivitet til maksimal anstrengelse. I likhet med AR var FP inaktiv i 3 min i forkant av T2 for skifte av utstyr og forberedelse. FP fikk mulighet til å drikke ($<0,1\text{L}$ sportsdrikk), samt toalettbesøk hvis nødvendig ved begge protokollene.

Tabell 4.2. Forsøkspersonenes rutiner mellom to sprintheat i langrenn

Tid etter prolog	Løp	Ski	Selvopplevd intensitet					Stigningsdrag
			Inaktiv	Svært lav	Lav	Moderat	Høy	
0-5min	7		3	4	2			
5-10min	7	1	2	4	4			
10-15min	8	2			10		1	
15-20min	7	2	1	1	8		5	
20-25min	7	1	2	3	5		4	

Tabellen tar utgangspunkt i forsøkspersonenes rutiner mellom to sprintheat (Vedlegg 4). Følgende kriterier er lagt til grunne for vurdering av intensitet; Inaktivitet; Total ro, Svært lav; rolig gange, Lav; Rolig løp/bevegelse på ski, Moderat; Litt anstrengende, Høy; anstrengende.

Før T1 ble VO_2 målt kontinuerlig i ett minutt, samt $[La^-]$ i blodet og HF målt omlag 1 min før start. Under både T1 og T2 ble VO_2 og HF målt kontinuerlig for hvert 5 s. Under restitusjonsperioden ble $[La^-]$, og HF målt etter 1 min, 3 min, 6 min, 12 min og 18 min (Figur 4.5). La^- konsentrasjonen i blodet ble også målt umiddelbart etter avsluttet T2. VO_2 ble målt 8 min etter avsluttet T1 over en periode på 2 min (4 målinger). Ved AR ble $[La^-]$ målingene T1 + 3min, 6min, 12min gjennomført mens FP løp. Måling av $[La^-]$ ble gjort for å kunne sammenligne restitusjonsprotokollenes mulige effekt og endringer, samtidig som effekten av våre protokoller kan sammenlignes med tidligere gjennomførte studier. VO_2 og HF ble målt for å kunne anslå belastningen FP ble utsatt for i restitusjonsperioden.

**Figur 4.5.** Tidspunkter for måling av $[La^-]$

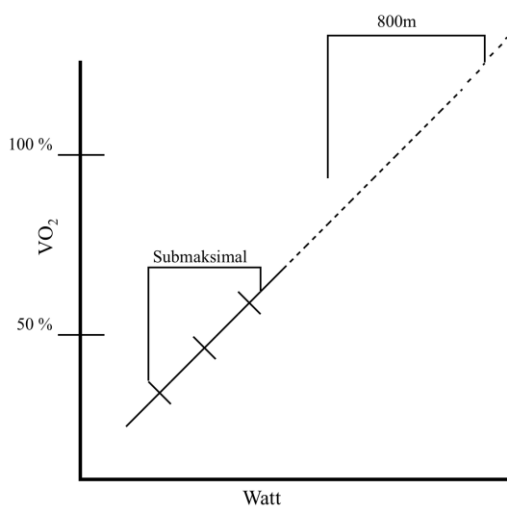
4.2.4 Kalkulering av akkumulert (Σ) oksygen underskudd

Data fra de submaksimale testene ble brukt til å beregne arbeidsøkonomien.

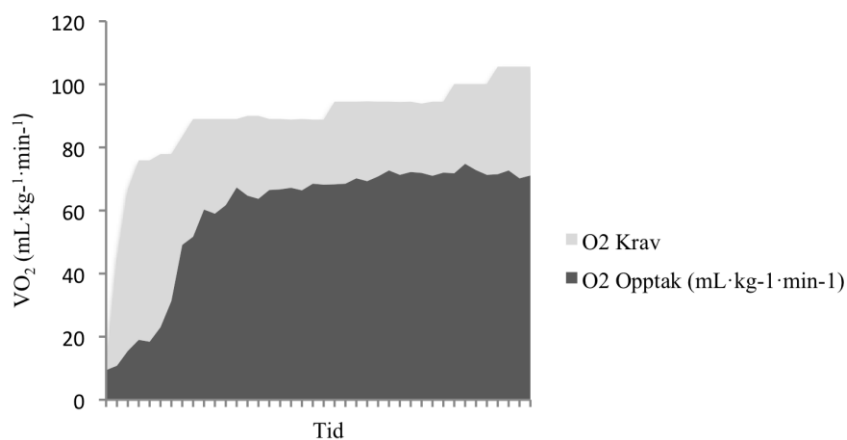
Den ytre belastningen ble omgjort fra vinkel og hastighet på tredemøllen til effekt målt i watt. Metoden tar utgangspunkt i at O_2 kravet pr. watt er konstant ved økende fart og vinkel. Summen av tyngdekraften (G) og rullemotstand (F) FP må overvinne danner grunnlag for utregning av effekten (watt) for hver enkelt. Tyngdekraften kalkuleres som økningen i potensiell energi pr tid ($G = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) \cdot v$), og rullemotstand som Coulomb friksjonskraft for en gitt hastighet ($F = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos(\alpha) \cdot v$), med μ som friksjonskoeffisienten. $m = FP$'s totale vekt inkludert utstyr utgjør, $g =$ akselerasjons gravitasjon, $v =$ hastighet på båndet og $\alpha =$ vinkel ($^\circ$). ΣO_2 kravet

kalkuleres ved å ekstrapolere forholdet mellom watt og oksygenopptak ($Y = ax+b$) (Medbø et al. 1988) fra submaksimale belastninger (Figur 3.6).

Sammenhengen mellom belastning i watt og oksygenopptak gjør at O_2 -kravet ved alle belastninger kan estimeres ved ekstrapolering. O_2 -kravet kan beregnes ved beregne effekten ved alle tidspunkt under prestasjonstesten. På denne måten kan det akkumulerte O_2 -kravet ($\sum O_2$ -krav) gjennom hele testen beregnes. O_2 -opptaket måles kontinuerlig og lagres hvert 5 s. Differansen mellom $\sum O_2$ krav og $\sum O_2$ opptaket danner grunnlaget for det akkumulerte O_2 -underskuddet ($\sum O_2$ underskudd = $\sum O_2$ krav - $\sum O_2$ opptak).



Figur 4.6. Skjematisk fremstilling av kalkulering av $\sum O_2$ krav ved å ekstrapolering forholdet mellom watt og O_2 -kostnad ved gitte belastninger ($Y = ax+b$).



Figur 4.7 Illustrerer forholdet mellom O_2 -krav og det faktiske O_2 -opptaket, som danner grunnlaget for $\sum O_2$ underskuddet.

4.3 Måleutstyr

All testing ble gjennomført på en tredemølle for rulleski, med dimensjonene 3x4,5m (Rodby, Sødertalje, Sverige). Vinkel og hastighet ble kalibrert og kontrollert i forkant og under studiet. Tredemølla styres med et dataprogram fra National Instruments Labview (Astin, USA), spesialprogrammert av laboratoriet ved Norge idrettshøgskole. Ved 800m prestasjonstest er maskinen forhåndsprogrammert for distanse, vinkel og starthastighet. All data i form av hastighet, vinkel, distanse, tid og watt lagres automatisk. Under testen pustet FP gjennom et munnstykke konstruert som en toveis ventil (Hans Rudolph Instr. USA), der den inhibitoriske luften blir ført til miksekammeret ved ekspirasjon. Oksygenopptaket (VO_2) ble målt av et automatisk ergospiometriapparat med miksekammer (Oxycon Pro, Jaeger- Toennis, Hochberg, Germany). Den ekspiratoriske luften fra FP blir ledet gjennom analysatoren gjennom et miksekammer, der den blandes med luft og en liten mengde av den ekspiratoriske luften (25ml) blir analysert for måling av O_2 og CO_2 .

Volumet kalibreres manuelt med en tre liters luftpumpe (Calibration Syringe, series 5530, Hans Rudolph Inc., MO, USA), der O_2 og CO_2 ble kalibrert både opp mot romluft og gass med kjente konsentrasjoner (95%N, 5% CO_2).

Blodprøver for måling av $[La^-]$ ble tatt av kapillærblod fra fingerspissen. Disse blodprøvene ble analysert med YSI 1500 Sport miksekammer (Yellow Spring Instruments, OH, USA). Hjerterefrekvens ble målt med Polar S610iTM (Polar electro OY, Kempele, Finland), koblet opp til samme dataprogram som Oxycon Pro.

I prosjektet ble det benyttet staver fra Swix, av typen CT1 (Swix, Lillehammer, Norway), og rulleski fra Swenor skøyteski med hjultype 1 (Swenor, Sarpsborg, Norway). Rullemotstanden (friksjons koeffisient, μ) ble målt med en tauettest i henhold til test beskrevet av Hoffman et al. (1990). Det ble benyttet to sett med rulleski, med ulike bindingsystemer, NNN (Rottefella, Klokkestua, Norway) og SNS (Salomon, Annecy, France). Rulleskiene ble lagt i varmeskap før og mellom testene for å opprettholde identisk rullemotstand ($\mu= 0,0018$) og kjernetemperatur ved start på begge testene (Hotbox, Swix, Lillehammer, Norway). Forsøkspersonene ble veid i forkant av hver test med vekt av typen Seca (Modell 708 Seca, Germany).

4.5 Statistikk

All analyse ble gjort i Microsoft Office Excel 2007. For å undersøke mulige effekter av protokollene, samt forskjell i effekt mellom protokollene ble paret t-test benyttet. Analysen omfattet pre-post analyse for hver protokoll, pre-pre og post-post mellom gruppene, samt mellom pre-post differansen mellom gruppene. Signifikantnivået ble satt til $p \leq 0,05$. Utregning av gjennomsnitt, SD, CV og % endring ble gjort i samme program. Beregning av Effect Size (Cohen's *d* Effect Size (ES)) ble gjort ved hjelp av Effect Size kalkulator (<http://cognitiveflexibility.org/effectsize/>). For å anslå betydningen av en eventuell effekt ble Hopkins W. (2000) sine kriterier lagt til grunne; 0,0-0,2, Ingen; 0,2-0,6, Liten; 0,6-1,2, Moderat. 1,2-2,0, Stor; og < 2,0, Veldig stor.

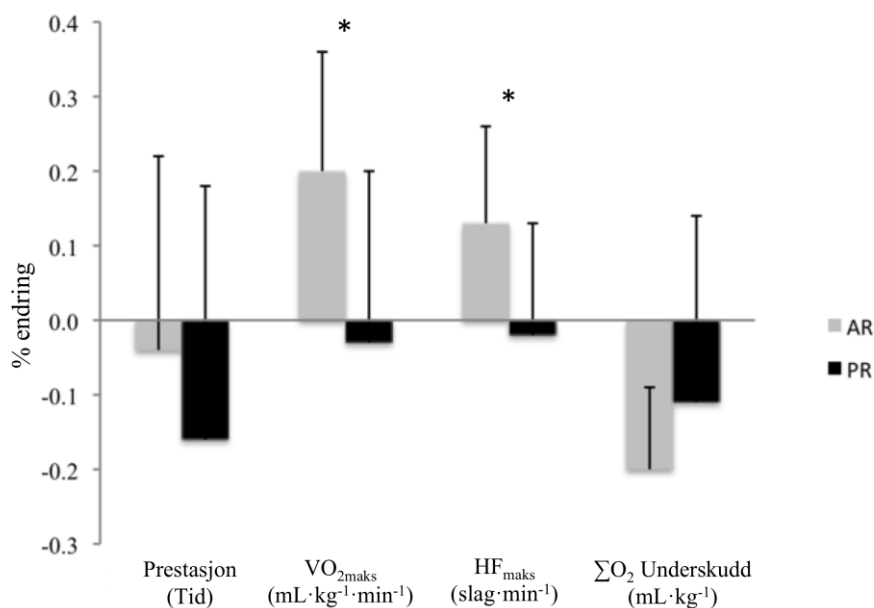
5.0. Resultater

Det var ingen statistisk signifikant endring i prestasjon (tid), $V_{E\text{ maks}}$, BF_{maks} og ΣO_2 krav og opptak mellom T1 og T2 ved AR (Tabell 5.1). $VO_{2\text{ maks}}$, La^- og HF_{maks} var signifikant høyere under T2, mens det var en signifikant reduksjon i ΣO_2 underskuddet (Tabell 5.1). Med unntak av en statistisk signifikant økning i La^-_{maks} , er det ingen statistisk signifikante forskjeller mellom T1 og T2 ved PR (Tabell 5.1).

Tabell 5.1. Prestasjon (tid) og fysiologiske variabler ved repetert 800m prestasjonstest med aktiv (AR) og passiv (PR) restitusjon

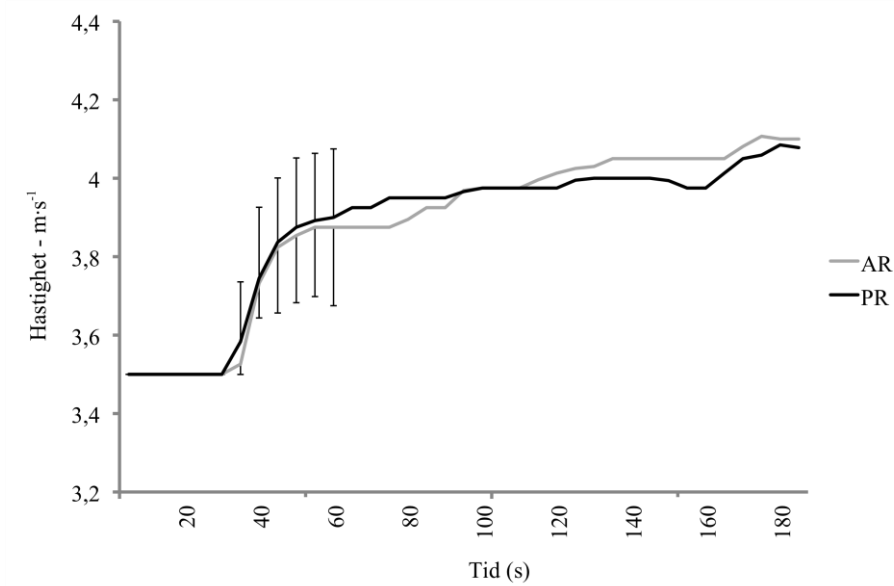
Aktiv restitusjon				
Variabler	T1	T2	% Endring	ES
Prestasjon (tid)	206±8	207±6	(-)0,4±2,6	0,11
$VO_{2\text{ maks}}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	72±3	73±4	2,0±1,6*	0,41
HF_{maks} ($\text{slag}\cdot\text{min}^{-1}$)	183±9	186±8	1,3±1,3*	0,29
$V_{E\text{ maks}}$ ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$)	193±26	194±3	0,7±3,7	0,06
BF_{maks} (pust pr min)	65±6	66±6	0,7±4,2	0,07
ΣO_2 Opptak ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}$)	207±9	211±8	1,8±2,7	0,43
ΣO_2 Underskudd ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}$)	91±13	86±14	(-)5,4±8,2*	0,36
La^-_{maks} ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	8,6±1,6	9,4±1,4	12,5±20,9*	0,53
Passiv restitusjon				
Prestasjon (tid)	205±8	208±9	(-)1,6±3,4	0,39
$VO_{2\text{ maks}}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	72±3	72±4	(-)0,3±2,3	0,06
HF_{maks} ($\text{slag}\cdot\text{min}^{-1}$)	184±8	183±8	(-)0,2±1,5	0,05
$V_{E\text{ maks}}$ ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$)	192±27	194±26	1,2±2,7	0,09
BF_{maks} (pust pr min)	66±6	67±6	1,0±5,0	0,1
ΣO_2 Opptak ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}$)	208±7	209±10	0,6±5,0	0,16
ΣO_2 Underskudd ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}$)	92±17	87±11	(-)4±8,8	0,31
La^-_{maks} ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	8,9±1,7	10,5±1,9	18,5±18,4*	0,89

Det var en statistisk signifikant forskjell mellom AR og PR i endring i $VO_{2\text{ maks}}$ og HF_{maks} (Figur 5.1) For øvrig var det ingen statistisk signifikant forskjell i endring i noen variabler mellom de to restitusjonsprotokollene (Figur 5.1).

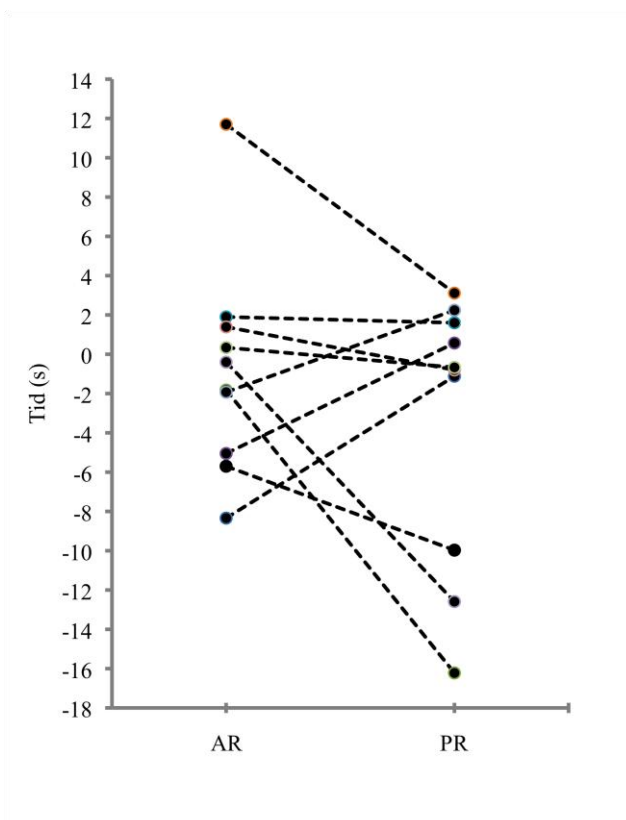


Figur 5.1. Endringer i prestasjon (tid), VO_{2maks}, HF_{maks} og ΣO₂ underskudd fra T1 til T2 ved AR og PR. Presentert som % endring. Tallene er presentert som gjennomsnitt (%) ± SD. * P < 0,05

Det var noen individuelle variasjoner i endring av prestasjon både ved AR og PR. En forsøksperson hadde en prestasjonsforbedring på 5,3% (11,7sek) mens en annen hadde et prestasjonsfall på 4,1% (8,3sek) ved AR. Ved PR var de tilsvarende individuelle variasjonene henholdsvis 1,5% (3,1sek) og 8,1% (16,2 sek) (Figur 5.3). Det var ingen signifikant forskjell i forsøkspersonenes løpsutvikling, selv om gjennomsnittskurven tyder på at hastigheten ble økt raskere i første halvdel av T2 ved PR (Figur 5.2). Variasjonen i hastighet de første 10 sekundene etter den standardiserte farten var høyere ved PR enn ved AR.

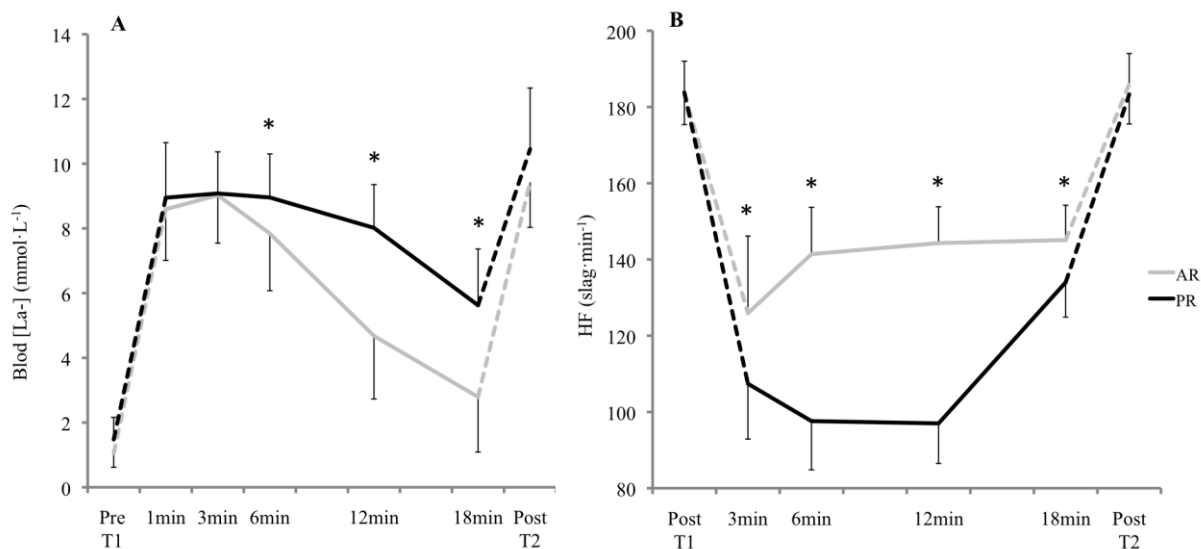


Figur 5.2. Viser gjennomsnittlig løpsutvikling ved T2 etter AR og PR. Presentert som gjennomsnitt for de første 180 s \pm SD for første 60 s. SD for AR presentert som negativ verdi og positiv for PR. Gjennomsnittlig SD for T2 ved AR og PR var $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ og $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



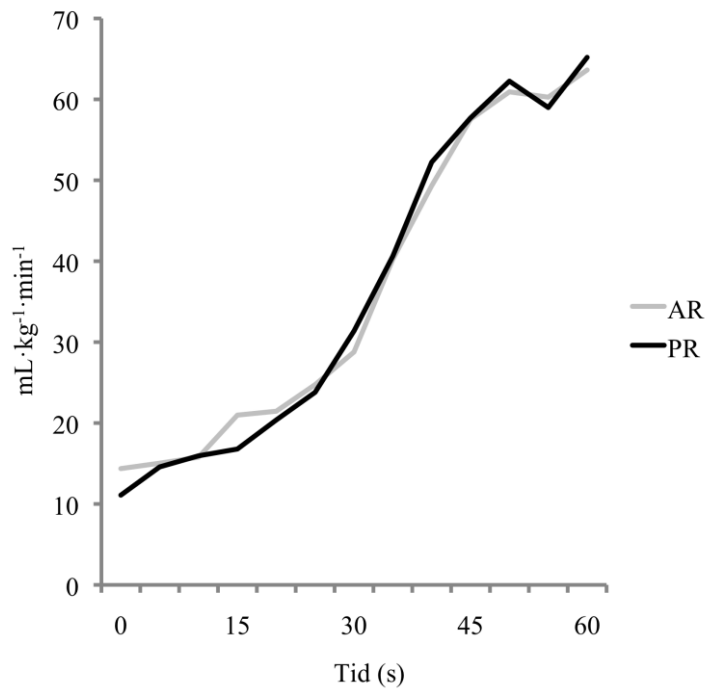
Figur 5.3. Individuelle variasjoner i prestasjon. Tall presentert som differanse (sekunder) T1-T2 for AR og PR.

Blod $[La^-]$ var lavere ved 6 min, 12 min og 18 min under restitusjonsperioden ved AR sammenlignet med PR ($P < 0,05$; Figur 5.4A). Det var ingen statistisk signifikant forskjell i $[La^-]$ ved endt T2. HF var høyere gjennom hele restitusjonsperioden ved AR sammenlignet med PR ($P < 0,05$; Figur 5.4B).



Figur 5.4. $[La^-]$ og HF i restitusjonsperioden under AR og PR, samt etter T2. * $P < 0,05$. Verdiene er presentert i gjennomsnitt \pm SD.

Det var ingen statistisk signifikant forskjell mellom AR og PR i hvor fort O_2 -opptaket økte de første 60 sekundene av T2 (Figur 5.5). Merk at hastigheten de første 36 sekundene var konstant, men kunne variere deretter (Figur 5.2). Merk også at VO_2 er målt ved hjelp av et miksekammersystem og at oksygenkinetikken derfor er noe forsinket.



Figur 5.5 Viser oksygenkinetikk de første 60 sekundene av T2. Verdiene er presentert som gjennomsnitt (n=10)

6.0 Diskusjon

Hensikten med denne studien var å undersøke effekten av AR og PR mellom to sprintheat i langrenn. Hovedfunnet i studien var at det ikke var noen statistisk signifikant forskjell i prestasjonsfall mellom restitusjonsprotokollene, samtidig som prestasjonsfallet verken ved AR eller PR var statistisk signifikant. Dette til tross for at den passive restitusjonsprotokollen bestod av å sitte i ro på en stol, noe som er svært uvanlig og oppleves ubehagelig for løperne. Under restitusjonsperioden var $[La^-]$ lavere og HF høyere AR sammenlignet med PR. VO_{2maks} og HF_{maks} var høyere ved T2 etter AR sammenlignet med etter PR. For øvrig var det ingen signifikante forskjeller i fysiologisk respons mellom de to protokollene.

6.1 Prestasjon (Tid)

I denne studien ble det observert et prestasjonsfall på 0,4% (2,6) og 1,6% (3,4) i henholdsvis AR og PR fra T1 til T2. Denne ikke-signifikante reduksjonen i prestasjon ved begge restitusjonsprotokollene er i samsvar med tidligere studier som har sammenlignet AR og PR. Disse viser entydig at selv med bare 15-20 min restitusjon etter et maksimalt arbeid er nok til å opprettholde prestasjonen når arbeidet gjentas (Stöggl, Lindinger, Müller, 2007B; Weltman et al., 1979; Fujita et al., 2009; Thiriet et al., 1993; Monedero & Donne, 2000; McAinch et al., 2004). I vårt forsøk var det ingen statistisk signifikant forskjell ved sammenligning av de to restitusjonsprotokollene i prestasjonsfall (Tabell 5.1), noe som støtter funn gjort i lignende studier på sykkel med arbeidstid fra 4 til 30 min (Monedero & Donne, 2000; McAinch et al., 2004; Waltman et al., 1979; De Pauw et al., 2010; Weltman & Regan, 1983; Dorado et al., 2004). Disse dataene står i kontrast med studier med arbeidstid under 1 min og 15 s, som viser en bedret prestasjon ved AR sammenlignet med PR ved repetert maksimalt arbeid (Fujita et al., 2009; Bogdanis et al., 1996; Greenwood et al., 2008). Bogdanis et al. (1996) fant ved 30 sek sprinttest på ergometersykel (Wingat-test) en 3% høyere prestasjon (total watt) ved AR sammenlignet med PR ved repetert maksimalt arbeid med 4 min restitusjonstid. Denne forskjellen i effekt (W) ble skapt under de 10 første sekundene av testen, mens kraftutviklingen under de siste 20 sekundene var lik. Greenwood et al. (2008) mener denne bedrede prestasjonen kan komme av en økt eliminering av La^- ved AR, da La^- fører til en reduksjon i pH intracellulært, som kan medføre redusert funksjon i glykogenedbrytende enzymer som laktat

dehydrogenase og fosfofruktokinasen. Ved arbeid over lengre tid, der en større del av energifrigjøringen er aerob, vil dette påvirke prestasjonen i mindre grad (Greenwood et al., 2008). I vår studie var farten standardisert de første 100 m (36 s.) av metodiske grunner, noe som gjør at en mulig effekt i startfasen av arbeidet ikke er blitt observert. Tross Bogdanis et al. (1996) sine funn er det likevel grunn til å tro at så små effekter ved oppstarten av arbeidet ikke ville påvirket den totale prestasjonen i dette studiet signifikant, da effekt (W) på sykkel i større grad avdekker små forskjeller sammenlignet med tid brukt på en distanse på rulleski. Samtidig må det understrekes at musklens evne til å skape maksimal kraft i større grad påvirker prestasjonen ved maksimale tester med kort arbeidstid, som ved Wingate-test, enn ved f.eks sprint i langrenn, noe som gjør at endringer i muskelfunksjon som et resultat av restitusjon i større grad kan påvirke prestasjonen i første del av et arbeid. Likevel, stor maksimal kraftutvikling kan også være viktig i langrennsprint, da utformingen av løypa kan gjøre det vanskelig å komme forbi, noe som gir en fordel av å komme godt ut i starten. På denne måten kan prestasjonen de første 100 m være avgjørende for resultatet.

Som forventet førte AR til lavere blod [La^-] ved oppstart T2 enn ved PR (Figur 5.4B). Intensiteten under restitusjon ser ut til å påvirke laktateliminering, samt kunne påvirke prestasjon. I vår studie var intensiteten ved AR 58% av $\text{VO}_{2\text{max}}$, noe som er i samsvar med intensitet i lignende studier (Monedero & Donne, 2000, Weltman et al., 1979; McEniery et al., 1997). McEniery et al. (1997) finner en bedre prestasjon ved AR på 30% av $\text{VO}_{2\text{peak}}$ sammenlignet med 60% av $\text{VO}_{2\text{peak}}$. Fujita et al (2009) og Bogdanis et al., 1996 fant også i sine studier økt prestasjon ved AR på henholdsvis 31% og 40% av $\text{VO}_{2\text{max}}$ ved henholdsvis 40 s og 30 s Wingate-test med 20 min og 4min restitusjonstid. Waltman et al. (1979), Monedero & Donne, (2000) og McAinch (2004) fant ingen forskjell i prestasjon ved AR på henholdsvis 65%, 50%, 50% av $\text{VO}_{2\text{max}}$ ved henholdsvis 5 km prestasjonstest (~6.30 min), 5 min prestasjonstest og 20 min prestasjonstest. På denne måten er både vår restitusjonsintensitet og våre funn i tråd med studiene til Waltman et al. (1979), Monedero & Donne, (2000) og McAinch (2004). Til tross for at restitusjonsintensitet nær AT ser ut til å være gunstig med tanke på [La^-] eliminering (Menzies et al., 2010) kan det tenkes at en restitusjonsintensitet på over 40% av $\text{VO}_{2\text{max}}$ er for høy for å oppnå en positiv effekt på prestasjon sammenlignet med PR. Det ble ikke observert noen signifikant forskjell i prestasjon mellom AR og PR, tross signifikant forskjell i

blod [La^-]. Ut i fra dette ser ikke laktat ut til å være den begrensende faktoren. Choi, Cole & Goodpaster (1994) hevder i sin studie at AR fører til en reduksjon i glykogenlager gjennom restitusjonsperioden, mens Astrand et al. (1986) og Peters et al. (1987) viser i sine studier en økning ved PR. Thevenet et al. 2006 viste i sin studie lengre tid til utmattelse ved PR, men lengre tid på intensitet tilsvarende 90/95% av VO_{2maks} ved AR. Ut i fra dette kan det tenkes at PR vil føre til bedret prestasjon i en tenkt semifinale og finale. Likevel, Dorado, Sanchis & Calbet (2004) viste en signifikant høyere prestasjon (totalt arbeid) ved AR ved tredje (T3) og fjerde test (T4) sammenlignet med PR ved 4 repeterte tester på sykkel ved en intensitet tilsvarende 110% av VO_{2maks} til utmattelse (~60 – 140 s). Restitusjonstiden i dette studiet var 5 min, noe som førte til et prestasjonsfall på 54% fra T1 til T4. Thiriet et al. (1993) viste også i sin studie en signifikant høyere prestasjon (gjennomsnittlig effekt) ved T3 og T4 sammenlignet med PR ved fire repeterte ~2 min arbeid til utmattelse med 20 min restitusjonsperiode, samtidig som Stöggl, Lindinger, Müller (2007B) og Vesterinen et al., 2009 ikke fant noen signifikant endring i prestasjon fra T1 til T3. Videre forskning rettet mot sprintlangrenn bør derfor inkludere flere repeterte prestasjonstester.

Flere forsøkspersoner rapporterte om en tyngre følelse ved oppstart T2 etter PR, men at ”*det løsnet*” etter noen hundre meter. Dette stemmer med data knyttet til fartsendringer (Figur 5.2). Figur 5.2 viser en relativt høyere variasjon i hastighet de første 10 sekundene etter den standardiserte farten ved PR sammenlignet med AR. Likevel var det ingen signifikant forskjell i løpsutvikling ved T2 mellom AR og PR (Figur 5.2). Variasjonen i prestasjon var likevel større ved PR enn ved AR (Tabell 5.1. Dette er i samsvar med funn gjort av Greenwood et al. (2008), som viser signifikant større spredning i prestasjon (tid) ved repetert maksimalt arbeid etter PR sammenlignet med AR, noe som støttes av Monedero & Donne (2000). Ut i fra disse funnene kan det se ut til at AR må anses å være et *tryggere* valg hvis formålet er å opprettholde prestasjon ved et repetert arbeid.

I denne studien ble prestasjonstestene gjennomført på tredemølle for rulleski, der forsøkspersonens plassering avgjorde hastigheten (Figur 4.4). FP måtte ”ta ett bevisst valg” i forhold til sin plassering for å regulere farten, noe som gjør at FP i stor grad kan planlegge sin løpsstrategi på forhånd, samtidig som FP kan vegre seg fra fartsøkning ved en tung følelse. Under prestasjonstester på sykkel og svømming

påvirker forsøkspersonene prestasjonen direkte ved økt innsats på arbeidet. På denne måten skiller testing på rulleski på tredemølle seg fra testing på sykkel og svømming der dette skjer automatisk gjennom økt innsats. Det er likevel liten grunn til å tro at dette påvirker prestasjonen ved AR og PR forskjellig.

6.2 Endringer i HF, VO_{2max} og ΣO_2 underskudd

Vi fant at både HF_{maks} og VO_{2maks} økte fra T1 til T2 etter AR, men ikke etter PR (Figur 5.1) Dette samsvarer med Bogdanis et al. (1996) og Fujita et al., (2009) som også fant økt VO_{2peak} , og HF_{peak} ved AR sammenlignet med PR. Ved 2 min maksimalt arbeid repetert fire ganger med 5 min restitusjonstid er det vist at AR (20% av VO_{2maks}) fører til økt prestasjon som følge av et redusert aerobt energiunderskudd sammenlignet med PR (Dorado et al.,2004). Dette kan forklares med raskere VO_2 kinetikk ved oppstart av arbeidet (Weltman, Stamford & Fulco,1979, Thevenet et al., 2007). Weltman, Stamford & Fulco (1979) fant i sin studie et signifikant høyere ΣO_2 opptak ved T2 etter AR sammenlignet med PR, hvor den største forskjellen var under de to første minuttene av arbeidet. Fujita et al. (2009) har foreslått at den positive effekten av AR på prestasjon i hovedsak innvirker i den avsluttende delen av det repeterte arbeidet, og at dette kan forklares med økt aerob energiomsetning i starten av arbeidet. Våre funn støtter ikke disse dataene da det ikke ble observert noen signifikant forskjell mellom AR og PR i prestasjon (Tabell 5.1) og oksygenkinetikken i starten av T2 (Figur 5.5). En mulig forklaring til sprik i funn kan være den varierende lengden på både selve prestasjonstesten, da flere studier med arbeidstid under 2 min viser bedret prestasjon (Fujita et al., 2009; Bogdanis et al., 1996; Greenwood et al., 2008; Dorado et al.,2004), og bedret oksygenkinetikk (Dorado et al.,2004). Dette står i kontrast med funn ved arbeidstid over 5min (Monedero & Donne, 2000; McAinch et al., 2004; Waltman et al., 1979). Samtidig var den maksimale innsatsen i Fujita et al., (2009), Bogdanis et al., (1996), Greenwood et al., (2008) sine studier så kort at VO_{2maks} ikke ble nådd.

En reduksjon i $[La^-]$ vil føre til en økning i pH intracellulært, som igjen fører til bedret funksjon i de glykogenedbrytende enzymene laktat dehydrogenase og fosfofruktokinasen (Greenwood et al., 2008). På denne måten kan det tenkes at økt funksjon i disse enzymene gir en økt aerob energifrigjøring, noe som kan forklare økt VO_{2maks} ved T2 etter AR, mens den ved PR er tilnærmet uendret. Likevel, tabell 5.1

viser en reduksjon i oksygenunderskudd, noe som tyder på et lavere anaerobt bidrag ved T2, og det var bare ved AR at denne reduksjonen var signifikant. Så langt vi kan se eksisterer det ingen andre studier som tar for seg ΣO_2 underskudd ved repetert sprint. Lacombe et al. (2001) fant i sin studie på godt trente hester at glykogenkonsentrasjonen intramuskulært var en begrensende faktor for den anaerobe kapasiteten, og reduserte glykogenlager ga redusert tid til utmattelse ved repetert sprint. Økt intramuskulær glykogenkonsentrasjon påvirket derimot ikke VO_{2maks} . Det ser derfor ut til at effekten av økt aerob energifrigjøring ved AR blir kompensert med redusert anaerob energifrigjøring, og at protokollene på denne måten oppnår tilnærmet lik total energiomsetning, og dermed relativt lik prestasjon ved T2. Den ikke signifikante tendensen til bedre prestasjon ved AR sammenlignet med PR ved T2 skyldes trolig en større økning i VO_{2maks} enn reduksjon i anaerob kapasitet. Det er vanskelig å forklare hvorfor den anaerobe kapasiteten skulle være redusert, men det spekuleres i at om den anaerobe kapasiteten ikke ble redusert ville prestasjonen ved AR vært bedre sammenlignet med PR. Ved en restitusjonsprotokoll som stimulerer til både økt enzymfunksjon og glykogenresyntese kan det tenkes at prestasjonen vil styrkes.

6.3 Blodlaktat [La^-]

Et av hovedfunnene i dette studiet var den manglende sammenhengen mellom endring i [La^-] i blodet og endring i prestasjon. Resultatene er i samsvar med funn gjort av bl.a. Weltman et al. (1979) som konkluderer med at forhøyede blodlaktatverdier har lite effekt på prestasjon ved repetert 5 min maksimal prestasjonstest etter 20 min restitusjonstid. Det samme fant McAinch et al. (2004) ved repetert maksimal 20 min prestasjonstest på sykkel med 15 min restitusjon. Lignende funn har også blitt vist ved 1 min anaerob prestasjonstest (Weltman et al., 1977). Dette indikerer at forhøyet [La^-] ikke er en direkte begrensende faktor på prestasjon, noe som står i kontrast til tidligere studier gjort av Klausen, Knuttgen & Forster (1972) og Greenwood et al. (2008).

Resultatene i dette studiet støtter i stor grad den etablerte forståelsen av at La^- elimineres raskere ved fysisk aktivitet opp til ~60% av VO_{2max} sammenlignet med inaktivitet (for eksempel Hermansen & Stensvold, 1972; Greenwood et al., 2008). Monedero & Donne (2000) fant i sin studie et signifikant større fall i [La^-] ved

aktivitet tilsvarende 50% av VO_{2max} sammenlignet med inaktivitet. Likevel, Fujita et al. (2009) fant ingen signifikant forskjell i $[La^-]$ mellom AR (30% av VO_{2max}) og PR gjennom den 20 min lange restitusjonsperioden, til tross for at lignende studier har vist en signifikant økning i La^- eliminasjon ved 30% av VO_{2max} (Bonde et al., 1991) og 40% av VO_{2max} (Taoutaou et al., 1996).

La^- konsentrasjonen under aktivitet og restitusjon er et kompleks fenomen påvirket av både La^- produserende og La^- eliminerende mekanismer. Faktorer som påvirker $[La^-]$ er blant annet La^- lekkasje fra aktiv muskel til blodet, blodstrøm og La^- opptak- og oksidasjon i lever, hjerte og innaktiv muskulatur (Monedero & Donne, 2000; Bangsbo et al., 1994). Ved økt intensitet kompenseres til en viss grense den økte La^- produksjonen med økt blodstrøm, slik at oksidasjon av La^- i muskler, hjerte og lever gjør at $[La^-]$ i blodet stabiliseres (Weltman et al. 1990). Likevel, overskrider intensiteten AT vil dette føre til akkumulasjon av La^- i blodet som et resultat av at laktatproduksjonen er større enn eliminasjonen (Greenwood et al., 2008). Flere studier har vist at muskler ser ut til å være det viktigste organet for eliminering av La^- (van Hall et al., 2003; Monedero & Donne, 2000; Hermansen & Stensvold, 1972), noe som er i tråd med funnene gjort i dette studiet, da AR førte til økt La^- eliminasjon. Det er også vist økt La^- eliminasjon ved AR der inaktive muskler under det maksimale arbeidet er blitt brukt (Karlsson et al., 1975; McLoughlim et al., 1991; Thiriet et al., 1993). Dette indikerer at La^- produsert i muskler under intensivt arbeid kan bli transportert til muskler som var inaktive under det samme arbeidet for å bli oksidert gjennom restitusjonsperioden (Fujita et al., 2009). Rud et al. (Upublisert) viste i sin studie at beinmuskulaturens netto opptak av La^- doubles når oksygenopptaket økes med 50%, mens utskillelsen av La^- fra overkroppsmuskulaturen øker med 84% på samme tidspunkt. Dette støttes av funn gjort av van Hall et al. (2003). Hvis målet er økt eliminasjon av La^- under en restitusjonsperiode etter et maksimalt arbeid, som ved langrennsprint, bør man ut i fra disse funnene velge bevegelsesformer som inkluderer beinmuskulaturen. Likevel, Bangsbo et al. (1994) fant i sin studie at $[La^-]$ intramuskulært var lavere etter AR sammenlignet med PR. De konkluderte med at denne forskjellen skyldes en økning i laktatmetabolisme i den aktive muskelen, og ikke økt utskillelse av La^- til blodet. Det ble ikke målt muskellaktat i dette studiet, men det er grunn til å tro at AR resulterte i lavest $[La^-]$ gjennom restitusjonsperioden.

Det er uenighet om hvorvidt AR kan redusere muskelglykogen resyntese etter høyintensivt arbeid eller ikke. Mens Stamford et al., (1981) har valgt å forkaste denne hypotesen, støttes den av Choi, Cole & Goodpaster, (1996). Flere studier har likevel vist en økning i muskelglykogen etter PR (Astrand et al., 1986, Peters et al., 1987). Choi, Cole & Goodpaster (1996) fant i sin studie en signifikant forskjell i muskelglykogen mellom AR og PR ved endt restitusjonsperiode, hvorav AR hadde en reduksjon ($6,3 \pm 3,7 \text{ mM} \times \text{kg}^{-1} \text{ ww}$) mens PR hadde en økning ($15,0 \pm 4,9 \text{ mM} \times \text{kg}^{-1} \text{ ww}$). Monedero & Donne (2000) fant i sin studie en signifikant bedret prestasjon ved repetert arbeid ved bruk av en kombinert restitusjonsprotokoll (AR + Massasje) sammenlignet med AR og PR, samtidig som $[\text{La}^-]$ eliminasjonen var lik ved kombinert restitusjon og AR gjennom restitusjonsperioden. Det er vanskelig å sammenligne muskelglykogen dataene fra denne studien med funnene gjort av Choi, Cole & Goodpaster (1996), da restitusjonsperioden henholdsvis er 15 og 60 min, samtidig som sistnevnte kun har oppgitt data fra måling ved endt restitusjon. Likevel mener Monedero & Donne, (2000) at det ut i fra disse dataene er grunn til å tro at muskelglykogenlagrene er høyere ved starten av det repeterte arbeidet ved PR sammenlignet med AR.

Det kan tenkes at en mulig effekt av økt La^- eliminasjon ved AR blir utlignet med økt resyntese av muskelglykogen ved PR, og at dette fører til en tilnærmet lik prestasjon ved det repeterte arbeidet. Funnene til McEniery et al. (1997), som støttes av funn gjort av Fujita et al (2009), Bogdanis et al., 1996, Waltman et al. (1979) og Monedero & Donne (2000), indikerer også at restitusjonsintensitet over 30-40% av $\text{VO}_{2\text{maks}}$ ikke forbedrer prestasjonen sammenlignet med PR, mens Monedero & Donne (2000) sine funn viser bedret prestasjon ved kombinert restitusjon (7,5min AR 50% av $\text{VO}_{2\text{maks}}$ + 7,5min massasje). Ut i fra dette kan det tenkes at kombinert restitusjon, eller AR ved 30-40% av $\text{VO}_{2\text{maks}}$, med mål om både økt La^- eliminasjon og økt glykogenresyntese, ville ført til økt prestasjon sammenlignet med våre funn, uten at vi har data som støtter disse spekulasjonene.

6.4 Begrensninger ved studiet

Det er vanskelig å gjøre studier rettet mot toppidrett, da det i stor grad er vanskelig å rekruttere den absolutte verdenseliten. Dette gjaldt også dette studiet. Likevel, utøverne som ble rekruttert var på høyt nasjonalt nivå i langrenn og skiskyting, og må anses å være svært godt trent. Sprintlangrenn er en idrett som blir mer og mer spesialisert, og løpere på det øverste internasjonale nivået er i stor grad spesialsprintere. Ut i fra dette kunne det vært av interesse å gjennomføre en lignende studie med bare spesialiserte sprintere. Alle forsøkspersonene gjennomførte både aktiv og passiv restitusjonsprotokoll, og ble systematisk fordelt til gjennomføre AR eller PR på første testdag. Pga en randomiseringsfeil startet 6 personer med AR og 4 med PR. Likevel, det ser ikke ut til at denne feilen har påvirket dataene. Fallet i prestasjon fra T1 til T2 på den første og den andre testdagen, uavhengig av om FP gjennomførte AR eller PR, var 2,1 s, noe som tyder på at rekkefølgen ikke hadde noen betydning for fallet.

I denne studien var farten de første 100 m (36 s) standardiserte ut i fra en metodisk begrunnelse med tanke på oppstart av tredemølle og etc. I tillegg ville fri fart fra start kunne føre til store metodiske svakheter, da store individuelle forskjeller i oppstartfart i stor grad kan påvirke resultatet. Likevel kan det tenkes at denne standardiserte åpningen kan dekke over viktig informasjon med tanke på effekt av de ulike restitusjonsprotokollene i startfasen av et maksimalt arbeid.

Forsøket ble gjennomført i laboratorium med strenge rutiner for kalibrering og kontrollmåling av utstyr, noe som gir en høy reliabilitet. Denne testen ble gjennomført i konstant motbakke, med dobbeldans som standardisert teknikk. Dette er i kontrast med ei sprintløype i langrenn, der løypa i mye større grad er variert. Likevel er det grunn til å tro at dette i liten grad påvirker studiets validitet da de fysiologiske egenskapene, samt tekniske- og psykiske krav i stor grad er de samme.

Ut i fra funn gjort i andre studier kan det tenkes at kombinert restitusjon (AR/PR og/eller AR/massasje) bør inkluderes som restitusjonsprotokoll i senere studier, samtidig som effekten av restitusjonsintensitet ned mot 30% av VO_{2max} bør vurderes. Samtlige utøvere rapporterte at de gjennomførte *noen form* for aktivitet gjennom restitusjonsperioden under en sprintkonkurranse (Tabell 4.2). Likevel ser det ut til at

denne aktiviteten er av lavere intensitet enn den vi brukte i vår studie, som ble valgt med begrunnelse i funn gjort i tidligere studier.

I vårt forsøk ble prestasjon målt i tid ved maksimal prestasjonstest over 800m, samt at fysiologiske parameter tilknyttet oksygenopptak, HF og blodlaktat målt. Dette er i tråd med tidligere studier av samme art. Likevel kan det tenkes at signifikante forskjeller lettere kan påvises ved bruk av mer sensitive måleparameter for prestasjon. Det kan også tenkes at måten farten blir styrt på, med ”fartssoner” (Figur 4.4), kan påvirke prestasjonen da den ikke blir styrt ”automatisk” av forsøkspersonens innsats. Flere lignende studier har benyttet seg av muskelbiopsi for måling av muskellaktat og muskelglykogen. Det kan tenkes at slike data kunne vært med på å gi et bredere bilde av musklenes innvirkning på laktateliminering, samt glykogenlagrenes effekt på prestasjon.

6.5 Konklusjon

Hovedfunnene i denne studien var manglende sammenheng mellom $[La^-]$ i blodet og prestasjon. Det var ingen signifikant forskjell i endring fra T1 til T2 i prestasjon (tid) mellom protokollene, samtidig som prestasjonen ved T2 ikke var statistisk signifikant dårligere enn ved T1 ved noen av protokollene. Disse dataene støtter ikke vår hypotese om signifikant lavere fall i prestasjon ved AR sammenlignet med PR. AR førte til et signifikant større fall i $[La^-]$ i blodet under restitusjonsperioden sammenlignet med PR, noe som er i tråd med vår hypotese.

Signifikant høyere $VO_{2\text{ maks}}$ ved AR sammenlignet med PR ved T2, men ingen forskjell i O_2 underskudd er også i samsvar med vår hypotese.

Ut i fra våre data ser det ut til at forhøyede blodlaktatverdier i liten grad påvirker maksimal prestasjon ved repetert arbeid, og at det er liten forskjell mellom AR og PR. Likevel, sprintlangrenn er en marginal idrett, der tiendeler kan skille seier fra sjetteplass. På denne måten kan tendensen (ikke- signifikante) til lavere fall i prestasjon ved AR utgjøre denne marginen. Det kan også tenkes at det er individuelle forskjeller og at noen løpere har bedre effekt av AR enn andre.

Referanseliste

- Apor P, Borka P. [*Limiting factors of aerobic capacity*]. Orv Hetil. 2001 Dec 2;142(48):2673-9[Article in Hungarian]
- Ahmadi S, Granierm P, Taoutaou Z, Mercier J, Dubouchud H, Prefaut C. *Effects of recovery on plasma lactate and anaerobic power following repeated intensive exercise*. Med Sei Sports Exerc 28(4): 450-456. 1994.
- Astrand PO, Hultman E, Juhlin-Dannfelt A, Reynolds G. *Disposal of lactate during and after strenuous exercise in humans*. J Appl Physiol. 1986 Jul;61(1):338-43.
- Bangsbo, J., Graham, T., Johansen, L. & Saltin B. *Muscle lactate metabolism in recovery from intense exhaustive exercise: impact of light exercise*. Journal of applied Physiology: 77, 1890-1895, 1994.
- Bassett DR Jr, Howley ET. *Maximal oxygen uptake: "classical" versus "contemporary" viewpoints*. Med Sci Sports Exerc. 1997 May;29(5):591-603.
- Belcastro, A. N. & Bonen, A. *Lactic acid removal rates during controlled and uncontrolled exercise*. Acta Physiologica Scandinavia: 39, 932-936, 1975.
- Bergh U, Forsberg A. *Influence of body mass in cross country ski race*. Med Sci Sports Exerc. 1996;28(1):128-38
- Blondel N, Berthoin S, Billat V, Lensele G. *Relationship Between Run Times to Exhaustion at 90, 100, 120, and 140 % of $v\dot{V}O_{2max}$ and Velocity Expressed Relatively to Critical Velocity and Maximal Velocity*. Int J Sports Med 2001; 22: 27
- Bogdanis GG, Nevill ME, Lakomy HKA, Graham CM & Louis G. *Effects of active recovery on power output during repeated maximal sprint cycling*. Eur. J. Appl. Physiol. 1996; 47:461-469.
- Bond V, Adams R.G., Tearney R.J., Gresham K., Ruff W. *Effects of active and passive recovery on lactate removal and subsequent isokinetic muscle function*. J Sports Med Phys Fitness. 1991 Sep;31(3):357-61.
- Brooks GA. *Intra- and extra- cellular lactate shuttles*. Medicine & Science in Sport and Exercise: 32, 790-799, 2000.
- Brooks GA, Brauner EK, Cassens RG. *Glycogen synthesis and metabolism of lactic acid after exercise*. Am. J Physiol. 224:1162-1168. 1973.
- Choi D, Cole KJ, Goodpaster BH, Fink WJ, Costill DL. *Effect of passive and active recovery on resynthesis of muscle glycogen*. Med Sci Sports Exerc. 26(8):992-6, 1994.

- Coyle EF. & Holloszy JO. *Integration of the Physiological Determining Factors Endurance Performance Ability*. Exercise and Sport Sciences Reviews, 25-63, 1995
- Dahl HA. *Mest om muskel – Essensiell muskelbiologi*. Cappelen DAMM AS, Oslo 2008.
- De Pauw K, De Geus B, Roelands B, Lauwens F, Verschueren J, Heyman E, Meeusen R. *Effect of Five Different Recovery Methods on Repeated Cycle Performance*. Med Sci Sports Exerc. 2010; DOI: 10.1249/MSS.0b013e318200d25f
- Dodd S, Powers SK, Callender T, Brooks E. *Blood lactate disappearance at various intensities of recovery exercise*. J Appl Physiol 1984; 57: 1462–1465
- Dorado C, Sanchis-Moysi J, Calbet JA. *Effects of recovery mode on performance, O₂ uptake, and O₂ deficit during high-intensity intermittent exercise*. Can J Appl Physiol. 2004 Jun;29(3):227-44.
- Dupont G, Blondel N, Berthoin S. *Performance for short intermittent runs: active recovery vs. Passive recovery*. J Appl Physiol. 2003; 89:548-554
- Dupont G, Moalla W, Matran R, Berthoin S. *Effect of short Recovery intensities on the performance during Two Wingate tests*. Med Sci Sports Exerc. 2007; DOI: 10.1249/mass.0b013e31804c9976
- Fujita Y, Keisuke K, Saori S, Manabe M, Nomura J. *Active recovery effects by previously inactive muscles on 40-s exhaustive cycling*. J. Sports Sci. 2009; 27(11): 1145-1151.
- Falk, B., Einbinder, M., Weinstein, Y., Epstein, S., Karni, Y., Yarom, Y. (1995). *Blood lactate concentration following exercise: Effects of heat exposure and of active recovery in heatacclimatized subjects*. International Journal of Sports Medicine, 16, 7–12.
- Gastin PB, Lawson DL. *Variable resistance all-out test to generate accumulated oxygen deficit and predict anaerobic capacity*. Eur J Appl Physiol 1994; 69: 331-6 Gastin PB. *Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise*. Sports Med. 2001;32(10):725-41
- Gerbino A, Ward SA, Whipp BJ. *Effects of prior exercise on pulmonary gas-exchange kinetics during high-intensity exercise in humans*. J Appl Physiol. 1996 Jan;80(1):99-107.
- Gisolfi C, Robinson S, Turrell ES. *Effects of aerobic work performed during recovery from exhausting work*. J Appl Physiol 1966; 21: 1767–1772

- Greenwood D, Moses G, Bernardino M, Gaesser G & Weltman A. *Intensity of exercise recovery, blood lactate disappearance, and subsequent swimming performance.* Journal of Sports Sciences, 26:1, 29-34
- Gupta, S., Goswami A., Sadhukhan, A. K, & Mathur, D. N. (1996). *Comparative study of lactate removal in short term massage of extremities, active recovery and a passive recovery period after supramaximal exercise sessions.* International Journal of Sports Medicine, 17, 106–110.
- Hermansen, L. & Stensvold, I. *Production and Removal Lactate during Exercise in Man.* Acta Physiologica Scandinavia. 86, 191-201, 1972.
- Hoppeler H, Weibel ER. *Structural and functional limits for oxygen supply to muscle* Acta Physiol Scand. 2000 Apr;168(4):445-56.
- Holmberg HC, Rosdahl H, Svedenhag J. *Lung function, arterial saturation and oxygen uptake in elite cross country skiers: influence of exercise mode.* Scand J Med Sci Sports. 2007 Aug;17(4):437-44. Epub 2006 Oct 13.
- Hoffman MD, Clifford PS, Bota B, Mandli M, Jones GM. *Influence of body-mass on energy-cost of roller skiing.* Int J Sport Biomech 6(4): 374–385, 1990.
- Ingjer F. *Maximal oxygen uptake as predictor of performance ability in women and man elite cross-country skiers.* Scand J Med Sin Sports. 1991;1(1):25-30.
- Jorfeldt L. *Metabolism of L(+) lactate in human skeletal muscle during exercise.* Acta Physiol. Scand. Suppl. 388. 1970.
- Kavanagh MH, Jacobs I. *Breath-by-breath oxygen consumption during performance of the Wingate test.* Can J Appl Sport Sci 1988; 13 (1): 91-3
- Karlsson J, Bonde-Petersen F, Henriksson J, Knuttgen HG. *Effects of previous exercise with arms or legs on metabolism and performance in exhaustive exercise.* J. Appl. Physiol. 38:(5) 763-767, 1975.
- Klausen K, Knuttgen HG, Forster HV. *Preexisting high blood lactate concentration on maximal exercise performance.* Stand. J. CZin. Lab. Inuest. 30: 415-419, 1972.
- Krogh A, Lindhard J. *The changes in respiration at the transition from work to rest.* J Physiol 1920; 53: 431-7
- Lacombe V, Hinchcliff K, Geor, R, Baski C. *Muscle glycogen depletion and subsequent replenishment affect anaerobic capacity of horses.* J Appl Physiol 91:1782-1790, 2001.

- Lau S, Berg K, Latin R, Noble J. *Comparison of Active and Passive Recovery of Blood Lactate and Subsequent Performance of Repeated Work Bouts in Ice Hockey Players*. J. Strength Cond Res. 15(3):367-371. 2001
- Losnegard T, Mikkelsen K, Ronnestad BR, Hallén J, Rud B, Raastad T. *The effect of heavy strength training on muscle mass and physical performance in elite cross country skiers*. Scand J Med Sci Sports In press. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2009.01074.x, 2010.
- Losnegard T, Myklebust H, Hallén J. *Anaerobic Capacity as a Determinant of Performance in Sprint Skiing*. Med Scu Sports Exerc. 44:(4) 673-681. 2012.
- Losnegard T, Myklebust H, Hallén J. *No Differences in O₂ –cost Between V1 and V2 Skating Techniques during Treadmill Roller Skiing at Moderate to Steep Inclines*. J Strength and Conditioning Research. 26(5): 1340-1347. 2012
- Malone K, Coughlan F, Crowe L, Gissane C, Caulifield. *The physiological effects of low-intensity neuromuscular electrical stimulation (NMES) on short term recovery from supra-maximal exercise bouts in male triathletes*. J. Appl Physiol et al. 2012: 112:2421-2432
- McArdle A, Pattwell D, Vasilaki A, Griffiths RD, Jackson MJ. *Contractile activity-induced oxidative stress: cellular origin and adaptive responses*. Am J Physiol Cell Physiol. 2001 Mar;280(3):C621-7.
- McAinch A.J., Febbraio, M.A., Parkin J.M., Zhao, S., Tangalakis, K., Stojanovska, L., Carey, M.F. *Effect of active versus passive recovery on metabolism and performance during subsequent exercise*. J Sport Nutr Exerc Metab. 2004 Apr;14(2):185-96
- McEniery CM, Jenkins DG, Barnett C. *The relationship between plasma potassium concentration and muscle torque during recovery following intense exercise*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1997;75(5):462-6.
- McLoughlin P, McCaffrey N, Moynihan JB. *Gentle exercise with a previously inactive muscle group hastens the decline of blood lactate concentration after strenuous exercise*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1991;62(4):274-8.
- Medbø JI, Mohn AC, Tabata I, Bahr R, Vaage O, Sejersted OM. *Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit*. J Appl Physiol. 1988 Jan;64(1):50-60.
- Medbø JI, Tabata I. *Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhaustive bicycle exercise*. J Appl Physiol 1989; 67 (5): 1881-6

- Menzies P, Menzies C, McIntyre L, Paterson P, Wilson J, Kemi OJ. Source. *Blood lactate clearance during active recovery after an intense running bout depends on the intensity of the active recovery.* J Sports Sci. 2010 Jul;28(9):975-82.
- Miladi, I., Temfemo, A., Mandengue, I. H., Ahmaidi, S. *Effect of Recovery Mode on Exercise Time to Exhaustion, Cardiorespiratory Responses, and Blood Lactate After Prior, Intermittent Supramaximal Exercise.* Journal of Strength & Conditioning Research. 2011. 25(1):205-210
- Monedero, J., & Donne, B. *Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance.* International Journal of Sports Medicine. 2000. 21, 593–597.
- Mikkola J, Laaksonen M, Holmberg HC, Vesterinen V, Nummela A. *Determinants of a simulated cross-country skiing sprint competition using V2 skating technique on roller skis.* J Strength Cond Res. 2010; 24 (4): 920-8
- Péronnet F, Thibault G. *Mathematical analysis of running performance and world running records.* J Appl Physiol 1989; 67 (1): 453-65
- Peters EM, Noakes TD, Raine RI, Terblanche SE. *Muscle glycogen repletion during active postexercise recovery.* Am J Physiol. 1987; 253(3) 305-11.
- Rowell LB, Kraning KK 2nd, Evans TO, Kennedy JW, Blackmon JR, Kusumi F. *Splanchnic removal of lactate and pyruvate during prolonged exercise in man.* Appl Physiol. 1966 Nov;21(6):1773-83.
- Ramsbottom R, Nevill AM, Nevill ME. *Accumulated oxygen deficit and short-distance running performance.* J Sports Sci 1994; 12: 447-53
- Ramsbottom R, Nevill ME, Nevill AM. *Accumulated oxygen deficit and shuttle run performance in physically active men and women.* J Sports Sci 1997; 15: 207-14
- Rasooli S, Jahromi M, Asadmanesh A, Salesi M. *Influence of massage, active and passive recovery on swimming performance and blood lactate.* J. Sports Med Phys Fitness. 2012; 52: 122-7
- Rud B, Secher NH, Nilsson J, Smith G, Hallén J. *Metabolic and mechanic involvement of arms and legs in simulated double pole skiing.* Norwegian School of Sport Sciences, Oslo, Norway, Copenhagen Muscle Research Centre, Department of Anaesthesia, Rigshospitalet, University of Copenhagen, Denmark, The Swedish School of Sport and Health Sciences, Stockholm, Sweden. UPUBLISERT
- Sand, O., Sjaastad, Ø. V. & Haug, E. *Menneskets fysiologi.* Gyldendal Norske Forlag AS. Oslo, 2007

- Sandbakk Ø, Holmberg HC, Leirdal S, Ettema G. *Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world class and national level sprint skiers*. Eur J Appl Physiol. 2010 Jun;109(3):473-81. Epub 2010 Feb 12.
- Sandbakk O, Ettema G, Leirdal S, Jakobsen V, Holmberg HC. *Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance*. Eur J Appl Physiol. 2011;111(6):947-57.
- Spencer MR, Gastin PB. *Energy system contribution during 200 to 1500m running in highly trained athletes*. Med Sci Sports Exerc 2001; 33 (1): 157-62
- Stamford BA, Weltman A, Moffatt RJ, Fulco C. *Effects of severe prior exercise on assessment of maximal oxygen uptake during one versus two-legged cycling*. Res. Q. Am. Assoc. Health Phys. Educ. Retreat. 1978;47: 363-371
- Stamford BA, Rowland R, Moffatt RJ. *Effects of severe prior exercise on assessment of maximal oxygen uptake*. J Appl Physiol. 1978 Apr;44(4):559-63.
- Stamford BA, Weltman A, Moffat R, Sady S. *Exercise recovery above and below anaerobic threshold following maximal work*. J Appl Physiol 1981; 51: 840–844
- Stöggl T, Lindinger S, Müller E. *Evaluation of an Upper-Body Strength Test for the Cross-Country Skiing Sprint*. Med Sci Sports Exerc. 2007A; 39:(7) 1160-1169
- Stöggl T, Lindinger S, Müller E. *Analysis of a simulated sprint competition in classical cross country skiing*. Scand J Med Sci Sports. 2007B;17(4):362- 72.
- Thevenet D., Tardieu-Berger, M., Berthoin S., Prioux J. *Influence of recovery mode (passive vs. active) on time spent at maximal oxygen uptake during an intermittent session in young and endurance-trained athletes*. Eur J Appl Physiol. 2007 Jan;99(2):133-42. Epub 2006 Nov 7.
- Thiriet P, Gozal D, Wouassi D, Oumarou T, Gelas H, & Lacour JR. *The effect of various recovery modalities on subsequent performance, in constructive supramaximal exercise*. J. Sports Med. Phys. Fitness. 1993; 33:118-129.
- Taoutaou Z, Granier P, Mercier B, Mercier J, Ahmaidi S, Prefaut C. *Lactate kinetics during passive and partially active recovery in endurance and sprint athlete* Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1996;73(5):465-70.
- Van Hall, G., Jensen-Urstad, M., Rosdahl, H., Holmberg, H-C., Saltin, B. & Calbet, A. L. *Leg and arm lactate and substrate kinetics during exercise*. American Journal of Physiology/Endocrinology and Metabolism. 284, 193-205, 2003.

- Vesterinen V, Mikkola J, Nummela A, Hynynen E, Häkkinen K. *Fatigue in a simulated cross-country skiing sprint competition*. J. Sports Sci. 2009;27(10):1069-77
- Weltman A, Stamford BA, Moffat RJ, Katch VL. *Exercise recovery, lactate removal, and subsequent high intensity exercise performance*. Res Q 1977; 48: 786–796
- Weltman A, Stamford BA, Fulco C. *Recovery from maximal effort exercise: lactate disappearance and subsequent performance*. J Appl Physiol 1979; 47: 677–682
- Weltman & Regan. *Prior Exhaustion and Subsequent, Maximal Constant Load Exercise Performance*. J Sports Med. 1983; 184-189
- Zory R, Millet G, Schena F, Bortolan L, Rouard A. *Fatigue induced by a cross-country skiing KO sprint*. Med Sci Sports Exerc. 2006 Dec;38(12):2144-50.

Nettsider

www.FISski.com

Vedlegg 1.



Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet

”Effekten av 2 ulike restitusjonsprotokoller på prestasjonen i sprintlangrenn”

Bakgrunn og hensikt

Dette er et spørsmål til deg om å delta i en forskningsstudie for å undersøke hvordan ulike restitusjonsregimer mellom sprint heat i langrenn påvirker prestasjonen. I dag kan vi observere at ulike løpere velger til dels svært ulike restitusjonsprosedyrer, fra å hvile mest mulig til å være relativt aktiv i hele pausen mellom heatene. På den ene siden vil aktivitet kunne påskynde restitusjonsprosessene som for eksempel fjerne laktat raskere. På den annen side vil aktivitet kunne påføre ny trøtthet for eksempel knyttet til ytterligere reduksjon av muskelens glykogenlager og dermed øke restitusjonstiden. Denne balansen er ikke tilstrekkelig kartlagt. Pausene i internasjonale konkurranser er standardisert til 17-45 min pause mellom kvartfinale, semifinale og finale. I denne omgang vil vi undersøke forskjellen i prestasjon ved å hvile mest mulig og å være relativt aktiv i hele pausen mellom heatene.

Hva innebærer studien?

Totalt må du kunne være tilgjengelig 3 dager i løpet sommeren 2011. Alle testene foregår med rulleski på tredemølle. Ved testdag 1 skal du gjennomføre 4-6 submaksimale belastninger for å måle arbeidsøkonomi samt en maksimal belastning for å måle det maksimale oksygenopptak (VO_{2max}) og prestasjonen på rulleskimølle. Oksygenopptaket og hjertefrekvens måles under alle testene. Mellom hvert drag blir det tatt en blodprøve for analyser av blodlaktat. Ved testdag 2 og 3 skal du gjennomføre to prestasjonstester, hver av en varighet på ca 3 min og pause på 25 min. Mellom testene skal du følge et bestemt restitusjonsopplegg, enten en aktiv eller passiv restitusjon. Hvilken dag du skal

gjennomføre det bestemte opplegget blir tilfeldig trukket. Det blir tatt opp film under alle testene for analyser av syklusfrekvens og sykluslengde. Det er viktig å være klar over at din deltakelse er frivillig og at du når som helst kan trekke deg uten å måtte oppgi noen grunn.

Fordeler

- Du får testet din arbeidsøkonomi, VO_{2max} og prestasjonsevne ved rulleski skøyting på tredemølle sammenligne med andre gode skiløpere

Ulemper

- Du må være tilgjengelig 3 dager for testing
- Det kan forkomme fall under maksimaltesting. Du vil imidlertid være sikret med sele slik at potensielle skader begrenses seg til skrubbsår i møte med tredemøllen, noe tilsvarende man får ved fall ute på asfalt.

Hva skjer med prøvene og informasjonen om deg?

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

Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta i studien. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke til å delta i studien. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Om du nå sier ja til å delta, kan du senere trekke tilbake ditt samtykke uten at det påvirker din øvrige behandling. Dersom du senere ønsker å trekke deg eller har spørsmål til studien, kan du kontakte Thomas Losnegard (thomas.losnegard@nih.no, tlf 997 34 184)

Kapittel A- utdypende forklaring av hva studien innebærer

- Kriterier for deltakelse

Du må være mannlige langrennsløper eller skiskytter på høyt nasjonalt nivå med et oksygenopptak på $> 70 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ eller $5,5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$. Det innebærer selvsagt at du må ha svært gode ferdigheter på rulleski samt at du er motivert for testing.

- Undersøkelser, blodprøver og annet den inkluderte må gjennom

Ved måling av oksygenopptaket er munnstykket og ventilen grundig vasket og desinfisert. Det vil bli tatt blodprøver med tanke på å analysere blodlaktat under testing. Ved fingerstikk for blodprøvetakning benyttes sterilisert utstyr.

Forsøket vil foregå i perioden juni-august 2011.

Hvis det skulle være nødvendig vil kostnader knyttet til reise og overnatting dekkes av Norges idrettshøgskole.

Kapittel B - Personvern, biobank, økonomi og forsikring

Personvern

Opplysninger som registreres om deg vil bli behandlet etter regler som gjelder for anonymitet. Det betyr blant annet at navnet ditt aldri vil bli nevnt i forbindelse med resultatene. Det vil heller aldri bli gitt opplysninger om hvem som har deltatt i forsøket.

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

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

Forsikring

Du er forsikret gjennom en særskilt forsikringsordning ved Norges idrettshøgskole

Informasjon om utfallet av studien

Etter studien er avsluttet har du rett til å få resultater knyttet til forsøket.

Samtykke til deltakelse i studien

Jeg er villig til å delta i studien

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Stedfortredende samtykke når berettiget, enten i tillegg til personen selv eller istedenfor

(Signert av nærstående, dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

(Signert, rolle i studien, dato)

Vedlegg 2.

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

Dokument-id: 184748 Dokument mottatt 10.05.2011

Effekten av 2 ulike restitusjonsprotokoller på prestasjonen i sprintlangrenn

1. Generelle opplysninger

a. Prosjekttittel

Effekten av 2 ulike restitusjonsprotokoller på prestasjonen i sprintlangrenn

b. Prosjektleder

Navn: JOSTEIN HALLÉN
Akademisk grad: dr. philos.
Stilling: Professor
Hovedarbeidssted: Norges idrettshøgskole
Arbeidsadresse: Pb. 4014 Ullevål stadion
Sognsveien 220
Postnummer: 0806
Sted: Oslo
Telefon: 23262314
Mobiltelefon: 97039433
E-post adresse: jostein.hallen@nih.no

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 Idrettsfysiologi, Master

Relatert forskningsprosjekt

Arbeidsøkonomi ved ulike langrennsteknikker

Forskningsprosjektet er behandlet i REK etter 5. mai 2009

REK sør-øst B Mappenummer 2009/153b

e. Prosjektmedarbeidere**1. Prosjektmedarbeider**

Navn: Martin Andersen

Stilling: Masterstudent

Institusjon: Norges idrettshøgskole

Akademisk rolle: Bachelorgrad

Prosjektrolle: Masterstudent

2. Prosjektmedarbeider

Navn: Thomas Losnegard

Stilling: Stipendiat

Institusjon: Norges idrettshøgskole

Akademisk rolle: Master

Prosjektrolle: Biveileder

3. Prosjektmedarbeider

Navn: Matt Spencer

Stilling: Forsker

Institusjon: Norges idrettshøgskole

Akademisk rolle: PhD

Prosjektrolle: Prosjektmedarbeider

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

Prosjektet har til hensikt å studere effekten av å være i aktivitet mellom to maksimale arbeidsbelastninger kontra å hvile mest mulig. Aktivitet vil på den ene siden kunne påskynde restitusjonsprosesser, mens det samtidig kan påføre ytterligere tretthet og forbruk av muskelglykogen. Prosjektet vil inkludere 10 mannlige

langrensløpere på høyt nasjonalt nivå i seniorklassen. Forsøkspersonene vil gjennomføre 2 maksimale belastninger med 25 min pause mellom. Dette blir gjennomført på to ulike dager med ulike restitusjonsprotokoller mellom belastningene. Effekten av de ulike restitusjonsregimene på prestasjon og energiomsetning vil bli målt. Resultatene vil gi innsikt i hvordan balansen mellom hvile og aktivitet mellom to arbeidsbelastninger vil påvirke restitusjonen. I første omgang vil funnene kunne ha direkte anvendelse ved denne type belastninger i idrett, men forsøkene vil også på sikt øke vår kunnskap om hvordan kroppen restitueres ved fysiske belastninger generelt.

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 de to eksperimentene i et "cross-over design, randomized; counter-balanced". Dette designet krever færre forsøkspersoner siden vi tar sikte på å ha med svært gode utøvere.

Statistisk analyse gjennomføres med to forskjellige metoder. 1) Tradisjonell signifikans ($P < 0.05$) via en "repeated-measures ANOVA with 2 trials and between subjects effect" til å vurdere hovedeffekten av de ulike restitusjonsprotokollene. 2) "Precision of estimation and magnitude-based inferences" via "Effect Sizes og 90% confidence" limits til å vurdere små endringer i prestasjonen og fysiologiske variabler som kan ha en viktig betydning i praksis, men som er ikke signifikant.

d. Utvalg

Allmennbefolkning

Kun menn

Dette studiet handler om å sammenligne to ulike restitusjonsprotokoller, og det finnes ingen grunn til å tro det skal være noen forskjell mellom kvinner og menn. Vi regner med at effektene av intervensjonen er små. Siden prestasjonsnivå mellom elite kvinner og menn ved denne type tester er betydelig, vil bruk av begge kjønn være en utfordring statistisk sett. Det er en betydelig større utfordring å rekruttere bare kvinner fremfor bare menn. Vi har imidlertid tradisjon for å inkludere begge kjønn og vil gjennomføre lignende forsøk på kvinner senere.

e. Antall forskningsdeltakere

Antall forskningsdeltakere i Norge 10

10 FP vil være tilstrekkelig 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 på ulike langrennsteam. Disse løperne holder høy standard noe som er en fordel ved denne type tester både med tanke på gjennomførbarhet, men også med tanke på relevans av dataene. Ved interesse vil forsøkspersonene få tilsendt 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 risiki ved deltagelse i prosjektet. Det blir også 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 for utfyllende informasjon om deltakelsen i prosjektet. Forsøkspersonene informeres om at de når som helst, uten å oppgi grunn kan trekke seg fra studien.

4. Forskningsetiske utfordringer ved prosjektet

a. Fordeler

Den enkelte prosjektdeltaker

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.

Grupper av personer

Idrettsutøvere

Idrettsøvere generelt og langrensløpere spesielt vil få informasjon om hvilke fysiologiske faktorer som er viktig for prestasjonsevnen i deres idrett.

Samfunnet

Dette spesifikke prosjektet er på toppidrettsutøvere. Imidlertid forsker vi ved Idretts høyskolen 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 direkte 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. Toppidrettsutøvere representerer et yterpunkt for slik prestasjonsevne og kunnskap om denne gruppen er viktig for å forstå i hvilke fysiologiske systemer prestasjonen begrenses generelt. Se for øvrig ovenfor.

b. Ulemper

Den enkelte prosjektdeltaker

FP er hardt trenende utøvere som utsetter seg selv for store treningsdoser. De gjennomfører også jevnlig testing både i laboratoriet (ergospirometritester) og blodprøver (i samband med helsesjekk). 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 i det daglige. Ved maksimale belastninger er det en viss fare for fall på tredemøllen som kan medføre skrubbsår. Det skjer også at utøverne blir kvalme etter den utmattende belastningen.

c. Tiltak

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

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

d. Forsvarlighet

Dette forsøket representerer relativt liten ekstra belastning ut over det som disse utøvere utsetter seg i det daglige. Vi har gjennomført mange slike tester i de siste årene og har ikke opplevd alvorlige skader. Det mest alvorlige er skrubbsår som skjer i sjeldne tilfeller. Det skjer også at utøvere blir kvalme etter den utmattende belastningen. I sammenheng, med de belastningene utøvere utsetter seg for i det daglige og med de fordelene utøvere får ved å delta i forsøket, anser vi ulempene for 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 koblingnøkkelen

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. Siden antall FP er så få vil det sjelden bli bruk for den fysiske koblingsnøkkelen siden forsøkslederne vil huske denne. 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
Det betales kun reise godtgjørelse for personer utenfor Oslo.
Eventuelle interessekonflikter for prosjektleder/-medarbeidere
Ingen interessekonflikter

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 internasjonalt fagfelleurdert forskningsjournal. Vi vil også eventuelt lage en populærfremstilling på norsk som blir publisert på våre nettsider eller en egnet norsk journal.

h. Tidsramme

Prosjektstart 15.06.2011

Prosjektslutt 13.06.2014

Etter prosjektslutt skal datamaterialet anonymiseres

Prosjektslutt dato er satt langt frem pga at publiseringsprosessen kan ta en del tid. 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.	CV for prosjektleder	CV- JH 05apr11.pdf	10.05.11
2.	Forespørsel om deltakelse	Forespørsel om deltakelse i XC5 10mai11.doc	10.05.11
3.	Forskningsprotokoll	Prosjektbeskrivelse etisk XC5.pdf	10.05.11

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 3.



Region: REK sør-øst	Saksbehandler: Tor Even Svanes	Telefon: 22845521	Vår dato: 24.06.2011	Vår referanse: 2011/1034
			Deres dato: 10.05.2011	Deres referanse:

Vår referanse må oppgis ved alle henvendelser

JOSTEIN HALLÉN
Pb. 4014 Ullevål stadion
Sognsveien 220
0806 Oslo

2011/1034 C Effekten av 2 ulike restitusjonsprotokoller på prestasjonen i sprintlangrenn

Vi viser til søknad om forhåndsgodkjenning av ovennevnte forskningsprosjekt. Søknaden ble behandlet av Regional komité for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk i møtet 09.06.2011.

Forskningsansvarlig: Norges Idrettskøyskole

Prosjektleder: Jostein Hallén

Prosjektomtale (original):

Prosjektet har til hensikt å studere effekten av å være i aktivitet mellom to maksimale arbeidsbelastninger kontra å hvile mest mulig. Aktivitet vil på den ene siden kunne påskynde restitusjonsprosesser, mens det samtidig kan påføre ytterligere trøtthet og forbruk av muskelglykogen. Prosjektet vil inkludere 10 mannlige langrennsløpere på høyt nasjonalt nivå i seniorklassen. Forsøkspersonene vil gjennomføre 2 maksimale belastninger med 25 min pause mellom. Dette blir gjennomført på to ulike dager med ulike restitusjonsprotokoller mellom belastningene. Effekten av de ulike restitusjonsregimene på prestasjon og energioms etning vil bli målt. Resultatene vil gi innsikt i hvordan balansen mellom hvile og aktivitet mellom to arbeidsbelastninger vil påvirke restitusjonen. I første omgang vil funnene kunne ha direkte anvendelse ved denne type belastninger i idrett, men forsøkene vil også på sikt øke vår kunnskap om hvordan kroppen restitueres ved fysiske belastninger generelt.

Forskningsetisk vurdering

Komiteen viser til helseforskningslovens § 4 annet ledd, hvor medisinsk og helsefaglig forskning forstås som virksomhet som utføres med vitenskapelig metodikk for å skaffe til veie ny kunnskap om helse og sykdom.

I dette prosjektet skal man undersøke effekten av ulike restitusjonsregimer, for å se hvilken modell som gir best prestasjoner hos eliteidrettsutøvere. Formålet med studien er således å forbedre idrettsprestasjoner, ikke å skaffe til veie ny kunnskap om helse og sykdom.

Dette understrekes også av prosjektleder: I første omgang vil funnene kunne ha direkte anvendelse ved denne type belastninger i idrett, men forsøkene vil også på sikt øke vår kunnskap om hvordan kroppen restitueres ved fysiske belastninger generelt.

Komiteen utelukker ikke at slik allmenn kunnskap kan komme ut av prosjektet, uten at det gjør studien fremleggelsespliktig. Det understrekes imidlertid at dersom en slik studie, med klare medisinske eller helsefaglige problemstillinger, senere skal gjennomføres, kan denne komme til å falle inn under bestemmelsene i helseforskningsloven.

Prosjektet fremstår derfor ikke som et medisinsk eller helsefaglig forskningsprosjekt, og faller utenfor

Besøksadresse:
Postboks 1130 Blindern 0318 Oslo

Telefon: 22850548
E-post: rek-sorost@medisin.uio.no
Web: <http://helseforskning.etikk.com.no/>

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

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

komiteens mandat, jf. helseforskningslovens § 2.

Vedtak

Prosjektet er ikke fremleggelsespliktig, jf. helseforskningslovens § 10, jf. helseforskningslovens §4 annet ledd.

REK antar for øvrig at prosjektet kommer inn under de interne regler som gjelder ved forskningsansvarlig virksomhet. Søker bør derfor ta kontakt med enten forskerstøtteavdeling eller personvernombud for å avklare hvilke retningslinjer som er gjeldende.

Komiteens avgjørelse var enstemmig.

Komiteens vedtak kan påklages til Den nasjonale forskningsetiske komité for medisin og helsefag, jf. 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,

Arvid Heiberg
Professor dr. med.
Leder REK Sør-Øst C

Tor Even Svanes
Seniorrådgiver

Kopi til Norges Idrettshøgskole: hans.andresen@nih.no

Vedlegg 4.



Effekten av 2 ulike restitusjonsprotokoller på prestasjon i sprintlangrenn

Spørreskjema for kartlegging av individuelle restitusjonstiltak ved sprintkonkurransen i langrenn ved 25 min pause.

Alder:

FP nr:

Beskriv intensitet og bevegelsesform.

- 1) Hva gjør du de første 5 min etter målgang?

- 2) Hva gjør du fra 5-10 min etter målgang?

- 3) Hva gjør du fra 10-15 min etter målgang?

- 4) Hva gjør du fra 15-20 min etter målgang?

- 5) Hva gjør du de siste 5 min før start?

Vedlegg 5.



Tillatelse til gjenbruk

Jeg godkjenner Martin Andersen å bruke figur i 2b “Anaerobic Capacity as a Determinant of Performance in Sprint Skiing” Medicine & Science in Sports & Exercise (2012).

Oslo, 23.09.12

Thomas Losnegard (sign)