



UNIVERSITETET I
NORDLAND

MASTEROPPGAVE

Intesitetsstyring i langrenn

KR310L – Masteroppgave idrett

Elias Solheim

Kandidatnummer: 291172

Bodø 15.05.2015



Sammendrag

Formålet med foreliggende studie er å svare på problemstilling: *”Er måling av hjerterefrekvens og laktat en reliabel oppfølging av langrennsløpere under terskeltrening på ski, når refererende grenseverdier er satt på bakgrunn av løpetest på tredemølle?”*.

For å svare på problemstilling ble to hypoteser stilt: H_0 : Terskeltrening under løping og langrenn med samme hjerterefrekvens vil gi ulike laktatverdier.

I tilknytning til H_0 vil jeg også se på om det er slik som antydnet i forskningen, det er ikke forskjeller i hjerterefrekvens mellom løping og langrenn.

Fysisk utvikling gjennom forskningsperioden fra VO_{2max} - og anaerob terskeltester blir også fremstilt og diskutert.

10 lokale langrennsløpere i alderen 15-19 år ($17 \pm 1,4$) ble rekruttert og fulgt fra oktober 2013 til februar 2014. VO_{2max} - og anaerob terskeltest ble utført i oktober 2013, desember 2013 og februar 2014. Fire ulike økter av typen terskeltrening blir signifikantstestet for ulikheter i hjerterefrekvens og laktat.

Konklusjonen er at det er sterk signifikant forskjell i laktat mellom løping og langrenn, hvor grenseverdier er fra løpetest på tredemølle ($0,007^{**}$), men ingen signifikant ulikhet i hjerterefrekvens mellom løping og langrenn (sign = $0,169$). Dette stemmer med tidligere forskning, og som viser til krav om spesifikke tester for valgt idrett og bevegelsesløsninger. Langrenn er en idrett hvor også overkroppsmuskulatur er i bruk, og andre fysiologiske egenskaper spiller inn. Måling av laktat og hjerterefrekvens av langrennsløpere under terskeltrening på ski, ble ikke funnet reliabel, når refererende grenseverdier er fra løpetest på tredemølle.

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	1
FIGUROVERSIKT	4
TABELLOVERSIKT	5
FORORD	6
1.0 INNLEDNING	7
1.1 PROBLEMSTILLING:	9
1.0 TEORI	10
1.1 INDIKASJONER OG ADAPTASJON TIL TRENING	10
1.2 GENERELL FYSIOLOGI	10
1.2.1 <i>VO₂max (maksimalt oksygen opptak)</i>	10
1.2.2 <i>Minuttvolum (Q)</i>	11
1.2.3 <i>Anaerob Terskel</i>	12
1.2.4 <i>Fysiologiske tilpasninger</i>	14
1.3 MODERNE LANGRENN	15
1.4 BEVEGELSE I LANGRENN	16
1.5 BEGRENSNINGER – OVER- VERSUS UNDEREKSTREMITETER.....	16
1.6 FORSKNING OG LANGRENN.....	18
1.7 INTERVALL TRENING OG LANGRENN.....	19
2.0 METODE	22
2.1 VITENSKAPELIG TILNÆRMING.....	22
2.2 STUDIEDESIGN	22
2.3 FORSØKSPERSONER.....	23
2.4 INKLUSJONSKRITERIER	23
2.5 EKSKLUSJONSKRITERIER.....	23
2.6 TILVENNING.....	23
2.7 UTSTYR.....	24
2.8 TESTPROSEDYRER.....	25
2.8.1 <i>Forberedelser til testing</i>	25
2.8.2 <i>Oppvarming laboratorium</i>	26
2.8.3 <i>Laktatprofiltest</i>	26
2.8.4 <i>VO₂max test</i>	26
2.8.5 <i>Intensitetsstyring-felt</i>	27
2.9 STATISTIKK	28
2.9 RELIABILITET OG VALIDITET.....	28
2.9.1 <i>Etiske betraktninger</i>	29
3.0 RESULTATER	30
3.1 DESKRIPTIV STATISTIKK.....	31
3.2 STATISTISKE ANALYSER	34
4.0 DISKUSJON	37
4.1 DISKUSJON AV RESULTATER	38
4.1.1 <i>VO₂max</i>	38
4.1.2 <i>Laktat og hjertefrekvens</i>	39
4.2 INTENSITETSSTYRING	41
5. BEGRENSNINGER OG STYRKER	43
6. KONKLUSJON	44
REFERANSER	45

VEDLEGG 1 FORESPØRSEL OM DELTAKELSE I FORSKNINGSPROSJEKT	51
VEDLEGG 2 SAMTYKKESKJEMA	52
VEDLEGG 3 GODKJENNING FRA NORSK SAMFUNNSVITENSKAPELIG DATATJENESTE	53
VEDLEGG 4 OVERSIKT OVER FORSKNINGSPROSESS OG GJENNOMFØRING	54

Figuroversikt

Figur 1.5: Laktatkonsentrasjonen i blod og oksygenopptak ved løping (TR) og rulleski (RS). Ved submaksimal belastning og lik oksygenopptak er det høyere akkumulering av laktat under rulleski. Figur er hentet fra Rundell (1996).....	17
Figur 1.5.1: Laktatkonsentrasjonen i blod og oksygenopptak ved løping (TR) og rulleski (RS). Ved submaksimal belastning og lik oksygenopptak er det høyere akkumulering av laktat under rulleski. Figur er hentet fra Rundell (1996).....	18
Figur 1.7: Modifisert og hentet fra Aasen et al. (2005). I-soner 3 omtalt i foreliggende studie som terskeltraining.....	20
Figur 1.7.1: Polarisert treningsmodell. Hentet fra og laget av Seiler & Kjerland (2006).....	21
Figur 3.1: Oversikt over VO ₂ max tester som gjennomsnitt og SD± for hele gruppen (N=10).....	31
Figur 3.1.2: Oversikt over enkeltplottinger gjennomført i Excel (2010). Hvert punkt representerer individuelle verdier på hjertefrekvens og laktat. Det ble gjennomført målinger på hver forsøksperson under fire ulike terskeløkter.....	33
Figur 3.2: Gjennomsnittlig hjertefrekvens fra terskeløkter under løping og langrenn. Tredje rad til høyere er gjennomsnittlig anaerob terskel fra løpetest i laboratorium. Verdiene er gjennomsnitt og SD± for gruppen samlet (N=10).....	34
Figur 3.2.1: Gjennomsnittlig laktat fra terskeløkter under løping og langrenn. Tredje rad til høyere er gjennomsnittlig terskel ved laktat fra løpetest. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt og SD± (N=10).....	35
Figur 3.2.2: Gjennomsnittlig hjertefrekvens fra terskeløkter under løping og langrenn. Tredje rad til høyere er gjennomsnittlig anaerob terskel fra løpetest i laboratorium. Verdiene er gjennomsnitt og SD± for gruppen samlet (N=10).....	36
Figur 3.2.3: Oversikt over laktat fra fire ulike terskeløkter. Tallene er gjennomsnitt for gruppen samlet. SD± vist med loddrett linje (N=10).....	36

Tabelloversikt

Tabell 2.3: Viser antropometriske egenskaper til utøverne.....	23
Tabell 3.1: Viser VO ₂ max fra tester i oktober 2013, desember 2013 og februar 2014.....	31
Tabell 3.1.1: Oversikt over utvikling i terskel fra oktober 2013, desember 2013 og februar 2014 for hele gruppen. Oppgitte verdier er laveste, høyeste og gjennomsnittlig terskel som hjertefrekvens.....	32
Tabell 3.2: Paret t-test mellom løping og langrenn i feltet.....	34
Tabell 3.2.1: Paret t-test for og avdekke eventuelle ulikheter mellom terskeløkter. Løpeøkter ble testet mot hverandre på laktat og hjertefrekvens, samme ble gjort mellom langrennsøktene.....	35

Forord

Proessen med ferdigstilling av masteroppgaven har vært en lang å lærerik reise.

Innsamlingen av data og prosjektet ble gjennomført på fjerde året av masterstudiet, med eksamenslesing å jobb ved siden av. Jeg har lært utrolig mye om forskning, fysiologiske tester og hvor langt en kommer med kritisk tekning og hardt arbeid.

Det er flere mennesker som jeg ønsker og takke, å blir rørt av hjelpen som jeg har fått gjennom denne tiden. Tusen takk til:

Stian Sørmo, min medstudent og samarbeidsparten under hele arbeidet. Vi har støttet hverandre gjennom tykt og tynt. Fra starten på første året av faglærer utdannelsen i 2009-2012, årsstudium i spesialpedagogikk 2012-2013 og til slutt masterstudiet og innsamling av data.

Forsøkspersonene og trener som deltok i prosjektet. Gjennom omfattende prosjekt over 5 måneder var dere tålmodige, positive og jeg har lært mye takket være dere. Uendelig takknemlige for deres deltakelse.

Veileder og førstelektor Stein Rodahl, takk for din kunnskap og evne til å vinkle mørke forskningstider til lysere. Kan ikke få takket nok.

Førsteamanuensis Svein Barene for hjelp i oppstart å opplæring av protokoller i fysiologisk testlaboratorium.

Førsteamanuensis Arne Martin Jakobsen for korrekturlesning og hjelp til metode og resultater.

Min gode venn og lektor Martin Nicolaisen for korrekturlesning og tilbakemeldinger.

Universitetslektor Line Danielsen for korrekturlesing og tilbakemeldinger.

Nå ser jeg frem til å gifte meg med min forlovede Liv Oftedal Rossow til sommeren, og inntre i fast stilling ved Groruddalen ungdomsskole høsten 2015.

Elias Solheim
Bodø, mai 2015

1.0 Innledning

Langrenn er en idrett hvor det legges ned mange treningstimer per år (Hoffman & Clifford, 1992; Rusko, 2003). På elite nivå kan antall timer overstige 800 timer i året (Rusko, 2003; Tjelta & Enoksen, 2010). Treningen foregår året rundt, med en polarisert form for trening ca. 80% rolig – 20% hardt (Seiler & Kjerland, 2006). Fordelingen av sonene er avhengig av hvor langrennutøverne befinner seg i sesongen.

For å prestere på elite nivå i langrenn er prestasjon høyt korrelert med oksygenopptaket til utøverne (Bergh, 1982; Hoffman & Clifford, 1992; Åstrand & Saltin, 1961). I tillegg er anaerob terskel trukket frem som avgjørende faktor prestasjon (Borch, Ingjer, Larsen, & Tomten, 1993; Hartmann, 2011). Trening på eller opp mot anaerob terskel skal være god måte å trene konkurransespesifikk hastighet (Henritze, Weltman, Schurrer & Barlow, 1985).

Forskere retter testprotokoller mot spesifikke tester for å avdekke fysisk kapasitet, som skal være gode på å predikere prestasjon i langrenn, i tillegg til oppfølging i treningsarbeidet til utøverne (Broussouloux, Lac & Robert, 1996; Calbet, Jensen-, Van Hall, Holmberg, Rosdahl & Saltin, 2004). Tidligere kartlegging av fysiologiske adaptasjoner, fysisk kapasitet og oppfølging av langrennsløpere er gjennomført som løpetester på tredemølle (Rusko, Rahkila & Karvinen, 1980), selv om det kommer frem viktighet av spesifikke tester i enkelte studier (Stromme, 1977).

August 2013 ble veileder kontaktet av den lokale langrennklubben å forespurt om oppfølging av yngre utøvere. Dette ble så videreutviklet til prosjektet ”intensitetsstyring i langrenn”, hvor undertegnede og medstudent Stian Sørmo fulgte langrennsløperne fra oktober 2013 til februar 2014. Målsetningen var en individuell kartlegging av langrennsløperne i oksygenopptak og anaerob terskel. Kartlegging ble gjennomført i løping og individuelle soner utarbeidet i etterkant skulle danne grunnlaget for oppfølging i terskeløkter under løping og langrenn.

Tidlig i prosessen ble spørsmål angående spesifikk tilnærming til oppfølging av langrennsløpere stilt. Langrennsløperne ble fulgt individuelt under terskeløkter, hvor refererende grenseverdier tok utgangspunkt i fysiologiske tester. Terskeløkter i forskningsperioden ble gjennomført i løping og langrenn, og i varierende terreng. Dette var avhengig av klimatiske forhold og gjennomførbarhet. Jeg ønsker på bakgrunn av dette å

belyse hvordan unge langrennsløpere responderer på hjertefrekvens og laktat under løping og langrenn, hvor refererende grenseverdier er fra anaerob terskel- og VO_{2max} test i laboratorium. I denne prosessen vil jeg også se på utvikling i oksygenopptak og anaerob terskel.

1.1 Problemstilling:

”Er måling av hjertefrekvens og laktat en reliabel oppfølging av langrennsløpere under terskeltrening på ski, når refererende grenseverdier er satt på bakgrunn av løpetest på tredemølle?”

Terskel økter (I-sone 3) er trening rundt anaerob terskel eller tilnærmet konkurransefarten (Aasen, 2005). Formålet er å ligge på en intensitet en klarer over tid, uten for mye akkumulering av laktat (ibid) (se figur 1.7). Fordeler som raskere restitusjon og fysiologiske adaptasjoner trekkes frem, sammenlignet med høyere intensitet som stiller krav til lengere restitusjonstid (Midgley, 2006; Rusko, Rahkila, & Karvinen, 1980)

Tidligere forskning har avdekket fysiologiske forskjeller i respons på laktat og hjertefrekvens mellom langrenn og løping (Losnegard, & Hallén, 2014a; Rundell, 1996; Vergés, Flore & Favre-Juvin, 2003). Kroppen gjennomgår større arbeid under langrenn og laktat verdier er høyere sammenlignet med løping (ibid). På den andre siden er det ikke funnet signifikant forskjell i hjertefrekvens (Rundell, 1996)

Med utgangspunkt i problemstillingen og tidligere forskning er to hypoteser utarbeidet:

H₀: Terskeltrening under løping og langrenn med tilnærmet lik hjertefrekvens vil gi ulike laktatverdier.

I tilknytning til H₀: Vil jeg også se på om det er slik som antydnet i forskningen, det er ikke forskjell i hjertefrekvens mellom løping og langrenn.

Fysisk utvikling gjennom forskningsperioden fra VO_{2max}- og anaerob terskeltester blir også fremstilt og diskutert.

1.0 Teori

For å danne en kunnskapsbase å svare på problemstilling vil jeg gjennom litteraturstudie undersøke prosesser som kan påvirke treningen til langrennsløpere, og hvordan trenere og utøvere kan tilnærme seg tester, planlegging å gjennomføring av trening.

1.1 Indikasjoner og adaptasjon til trening

En viktig del av trening- og planleggingsarbeidet til utholdenhetsutøvere er periodisering og intensitetsstyring. I senere år har idrettsmiljøer brukt laktatprofiler for å avgjøre kapasiteten til utøvere, og enkelte forskere trekker frem flere positive fordeler ved måling av utøvers anaerobe terskel (AT) fremfor VO_{2max} (Denis, Fouquet & Poty, 1982). Laktatprofiler gjennomført på utøvere har vist seg å være gode tester. Dette gjelder spesielt utøvere på høyt nivå som over tid ikke øker VO_{2max} , men som forbedrer sin anaerob terskel og prestasjoner (Coyle, 1999).

1.2 Generell fysiologi

1.2.1 VO_{2max} (maksimalt oksygen opptak)

Trenere og utøvere på høyt nivå bruker standardiserte tester for å måle utøvers maksimale oksygenopptak (Finn, Gastin, Withers & Green, 2000). VO_{2max} er et mål på hvor mye oksygen lungene tar opp å distribuerer til arbeidende muskler per tidsenhet og er vist gjennom årene som en viktig faktor for utholdenhetsutøvere (Birch, Maclaren & George, 2005). Videre er det absolutte VO_{2max} definert som kroppens maksimale opptak av oksygen under dynamisk muskelarbeid og høy belastning - intensitet hvor opptak av oksygen flater ut ved økende belastning (Coyle, 1999; Hallèn, 2004; Ingjer, 1991).

VO_{2max} er av stor betydning for prestasjoner innen idretter hvor det stilles store krav til aerob muskelarbeid. Flere studier viser til høy korrelasjon mellom høy VO_{2max} og prestasjoner innenfor sine representative idretter (Costill, 1967; Ingjer, 1991; Rusko, 2003). Det trekkes videre frem hvordan sammensetningen i gruppen kan påvirke denne statistikken. En homogen gruppe med høy VO_{2max} kan oppnå tilnærmet likt oksygenopptak, men prestere ulikt. Dette kan tilskrives til andre faktorer som arbeidsøkonomi og anaerob energiomsetning. I heterogene grupper vil VO_{2max} korrelere bedre med prestasjon. I arbeidet til Losnegard (2013) ble det forsket på utviklingen til moderne langrenn og faktorer for å prestere på høyt

nivå. Selv om VO_{2max} ikke utviklet seg forbedret utøverne sin prestasjon på "tid til utmattelses- tester" (Losnegard, 2013; Losnegard et al., 2012a). Når utøvere når sitt tak for VO_{2max} , så skjer det andre tekniske og fysiologiske adaptasjoner til treningen i form av forbedret arbeidsøkonomi eller utnyttning av tilgjengelig oksygen-utnyttelsesgrad (ibid). Dette er gjeldende om det eksisterer et tak for VO_{2max} (Losnegard, 2013). Eliteutøvere i utholdenhetsidretter har høy VO_{2max} , langrennsløpere er derimot dem som skårer høyest (Rusko, 1992). Dette blir forklart med idrettens intervall lignende mønster, med stigninger, nedoverbakker og bruk av muskler i nedre- og øvre ekstremiteter (Ingjer, 1992; Losnegard, 2013).

I studier på utrente individer er det vist at VO_{2max} per kg kroppsmasse flater ut etter 8-10 års alderen (Rowland, 1990; Zauner, Maksud & Melichna, 1989). Andre studier indikerer at løpere og langrennsløpere øker VO_{2max} med trening og modning gjennom 15-20 års alderen (Murase, Kobayashi, Kamei & Matsui, 1981). I tillegg til forbedret VO_{2max} gjennom vekst fasen, har andre funnet gode resultater i forbedret VO_{2max} hos unge utøvere som er ferdig med puberteten (Mirwald, Bailey, Cameron & Rassmussen, 1981). En studie av Rusko (1987b) ble utøvere i alderen 15-20 år fulgt. Ut i fra resultater fra trening og VO_{2max} predikerer Rusko (1987b) med en økning på 1-3 ml*kg*min per år frem til 20 års alderen. Selv med forventet økning fremhever Rusko (1987b) variasjoner i VO_{2max} gjennom sesongen, noe som senere er blitt støttet av forskningen til Ingjer (1992) og Losnegard et al. (2012a). Variasjoner knyttet til VO_{2max} gjennom sesongen kan gjenspeiles i variasjon i treningsarbeidet som blir gjort. Det blir trukket frem mulige endringer i treningen som kan hjelpe til med en vedvarende økning av VO_{2max} hos utøvere.

1.2.2 Minuttvolum (Q)

Minuttvolum er mengden blod hjertet pumper ut til arbeidende muskler i minuttet, eller produkt av hjertefrekvens (HR) * slagvolum (SV) (Wilmore, Costill & Kenny, 2008). Under maksimalt arbeid tilnærmet VO_{2max} , er kroppen avhengig av stor tilførsel av oksygen til arbeidende muskler. For bedre beskrivelse av de faktorene som ligger til grunn for VO_{2max} , tar man utgangspunkt i Fick`s ligning beskrevet av Åstrand & Rodahl (2003):

$$VO_{2max} = Q_{max} * (CaO_2 - CvO_2)_{max}$$

Flere studier har tilnærmet samme konklusjoner angående forbedring av VO_{2max} (Noakes, 1997; Wagner, 1991). De fleste forskere konkluderer med at unge, friske utøvere som gjennomfører maksimale anstrengelser, vil VO_{2max} være begrenset av Q_{max} (Basset & Howley, 1997; Saltin & Rowell, 1980). Stimulering av Q_{max} gjennom trening fører til økt maksimal slagvolum (SV_{max}), siden maks hjertefrekvens (HR_{max}) går ned eller forblir uendret ved økende alder (Saltin, Blomqvist & Mitchell, 1968). De fysiologiske stimuliene til endring i SV_{max} er mekanisk overbelastning av hjertet og produkt av endediastolisk fylling, fulgt av endesystolisk tømning (Blomqvist & Saltin, 1983; Ekblom & Hermansen, 1968). Under maksimal belastning hos godt trente kan endediastoliske – endesystoliske ratioen være $180 \pm 10 \text{ml} \cdot \text{slag}$.

Minuttvolumet er i studier vist å være god indikasjon på fysiologisk adaptasjon til trening. Elite langrennsløpere kan oppnå Q_{max} på 200ml i minuttet mot 75ml hos utrente (Rusko, 2003), og i studien til Helgerud et al. (2007) er det vist at økning på 10 % i Q_{max} førte til økning i VO_{2max} på 7,2 %. Det konkluderes videre i studien at høy intensitet er en avgjørende faktor for økning i VO_{2max} , på bakgrunn av fysiologiske adaptasjoner hjertet gjennomgår ved høy intensitet og metabolsk stress.

1.2.3 Anaerob Terskel

Anaerob terskel (AT) er omdiskutert tema blant utøvere, trenere og idrettsforskere.

Wessermann & Macllroy utviklet allerede begrepet på 60- tallet og refererte til det høyeste intensitetsnivået, hvor det er likevekt mellom produksjon og eliminasjon av laktat (Wassermann & McIlroy, 1964). Det ble beskrevet som arbeidsintensitet hvor lungeventilasjon ikke lenger øker parallelt med oksygenopptaket. Det trekkes frem at resultater fremgår som en del av forskning på hjertepasienter, og deres respons på aktivitet (ibid), og andre beskrivelser er mer treffende utholdenhetsidretter. Borch et al. (1993) trekker frem anaerob terskel som den høyeste intensiteten som kan opprettholdes over tid, og hvor oksygenopptaket står for tilnærmet hele energibehovet (Wasserman, 1984).

Det er dokumentert at trening vil gi resultater i form av lavere laktatkonsentrasjon i blodet etter absolutte submaksimale belastninger over tid (Dill, Frank & Edwards, 1930), og økt kapasitet vil gi lavere laktatkonsentrasjon i blodet ved relative submaksimale belastninger (Withers, 1977).

Det finnes ulike målemetoder for estimering av anaerob terskel, indirekte og direkte. Maximal steady state (MLSS) er definert som den høyeste belastningen en kan opprettholde over tid hvor laktatkonsentrasjonen i blodet forholder seg relativt stabilt over lengre periode (Faude, kindermann & Meyer 2009). Innledende testing er to-rampe protokoll for å kartlegge hvordan individet responderer på arbeidsbelastning. Belastningen økes gradvis og laktat, VO_{2max} og hjertefrekvens registreres underveis. På bakgrunn av registreringene dannes et nøyaktig bilde av individets evne til å håndtere gradvis belastning, og videre estimere anaerob terskel. Neste steg i MLSS er en ny rampe test noen dager etter første runde. Utøver arbeider i 30 minutter på en belastning som er estimert til lavere en anaerob terskel. Under arbeidet blir det gjort registreringer hvert 5 minutt, og en økning på mer enn 1mmol (laktat) mellom 10 og 30 minutter er definert som for stor økning i individets laktatkonsentrasjon i blodet (ibid). Dette gjenspeiler en for stor arbeidsbelastning opp mot individets anaerobe terskel (Jones & Doust, 1998). Testen er sensitiv og det skal ikke mye endringer i ytre belastninger før man overskrider anaerobe terskel. Det er viktig og starte med belastning under individets anaerobe terskel. MLSS tester repeteres gjerne 3 til 4 ganger, med økende belastning.

MLSS testing er tidkrevende og kostbart. MLSS blir ofte erstattet av mer indirekte metode som onset of blood lactate accumulation (OBLA). OBLA er ulike varianter av tester som er mer anvendt i stedet for MLSS. Anaerob terskel i en OBLA test blir på forhånd estimert ut ifra en fiksert verdi på for eksempel 4mmol, 2mmol eller en individuell metode hvor anaerob terskel er lik 1,5mmol pluss gjennomsnittet av steady state målinger i starten av testen (Svedahl & MacIntosh, 2003). Sensitiviteten til indirekte metoder for estimering av anaerob terskel trekkes frem (ibid). Estimering i forkant av slike tester kan være med på og under- eller overestimere anaerob terskel. Videre er valg av bevegelsesform avgjørende, og spesifisiteten opp mot idrettens fysiske karakteristikk. Syklister som testes på løping, vil laktatverdiene og anaerobe terskel være med på å underestimere syklister anaerobe terskel på sykkel. For utøvere er det viktig at testprotokoller er lik hver gang. Presisering av metode i ulike artikler av fremgangsmåte å valg er viktig (ibid). Tilnærmingen til OBLA kan være forskjellig og det er viktig og fremstille protokollen. Faktorer for valg av metode kan være arbeidsbelastning (fart, % av VO_{2max} og stigning), arbeidslengde og den totale varigheten. Under høy arbeidsbelastning vil akkumulering av laktatkonsentrasjon i musklene inntreffe før laktatkonsentrasjonen i blodet øker (Withers, Sherman, Miller & Costill, 1981). Da er valg av lengde på arbeid og når målinger tas viktig. Varigheten på arbeid kan være et punkt for feil

estimering, fordi laktat i arbeidende muskler tar noe tid før det tas opp å fraktet rundt i blodbanen.

1.2.4 Fysiologiske tilpasninger

I diskusjon om fysisk kapasitet mot prestasjon, ligger overordnede fysiologiske tester til grunn (VO_{2max} og AT). De gir et godt bilde på fysisk kapasitet og muligheter for prestasjoner innen utholdenhetsidretter. Men hva er begrensningene, når tilsynelatende gode resultater ikke beskriver alt? Her ønsker jeg å beskrive fysiologiske og perifere begrensinger som gjennom trening endres og vil være med på å forbedre forutsetningene for prestasjon i utholdenhetsidretter.

En viktig faktor for å kunne motstå tretthet er musklens evne til aerob og anaerob energiomsetning. Muskelsammensetning og dens egenskaper er ulike. Når laktat øker i blodet er det et resultat av flere type II fibrer i bruk. De utvikler større kraft enn type I, men inneholder mindre oksidative enzymer og færre mitokondrier (Withers et al. 1981). Beina inneholder mer type I enn i overkropp og armer, og er vist i studier hvor laktat verdiene er sammenlignet mellom ulike utøvere og aktiviteter (Larson, 2006). Mange studier har vist at utholdenhetsutøvere inkludert langrensløpere har en høy prosentandel type I fiber, hvor også VO_{2max} er relatert til sammensetningen av muskelfibrer (Bergh, 1982; Gollnick, Armstrong, Saubert, Piehl, & Saltin, 1972). Det er ikke funnet signifikante sammenhenger mellom I fiber og VO_{2max} hos kvinner (Campbell, Bonen, Kirby & Belcastro, 1976; Rusko et al., 1980), selv om det er ulikheter i kroppssammensetningen mellom kvinner og menn. På den andre siden er det studier som viser til korrelasjon mellom anaerob terskel og type I fiber, både i kvinner og menn (Farrell, Wilmore, Coyle, Billing & Costill, 1979; Ivy, Withers, Van Handel, Elger & Costill, 1980). Bakgrunnen for ulik sammensetning er vist til genetiske ulikheter mellom mann og kvinne (Komi, Vitasalo, Havu, Thorstensson, Sjöin & Karlson, 1977). Enkelte studier foreslår at den genetiske effekten i muskelsammensetning og enzym aktiviteter er lav, og at trening kan endre proteinmolekyler og fibrer mot I fibrer (Bouchard, Simoneau, Lortie, Boulay, Marcotte & Thiabault, 1986). Forskning har dokumentert effekt av utholdenhetstrening og økt aktivitet av oksidative enzymer i musklene (Gollnick, Armstrong, Saltin, Saubert, Sembrowich & Sherpard, 1973), selv ved lav intensitet er endringer i form av økt kapillærtetthet og oksidative enzymer uten endring i VO_{2max} blitt observert (Schantz, 1982).

Treningen av VO_{2max} på overkropp krever idrettsspesifikk muskelbruk og bevegelser (Rusko, 2003). I utrente individer er anaerob terskel relativt konstant ved aldring og vekst (Cooper, Rawell-, Whipp & Wassermann, 1984). VO_{2max} øker mellom 15-20 års alderen og anaerob terskel kan øke etter 20 års alderen (Rusko, 1992). Dette er avhengig av treningsmengde og utvikling av treningsregimet i overgangen fra junior- til senior nivå (Rusko, 1987a).

1.3 Moderne langrenn

Langrenn er populær idrett i Norge, og har utviklet seg de siste 10-12 årene på teknikk, distanse og varighet, i tillegg til økt hastighet (Losnegard, 2013). Langrenn er en asyklisk idrett og muskelbruk endres mellom over- og underkropp. Forskning har funnet stor korrelasjon mellom VO_{2max} og oksygenopptak ved anaerob terskel (Ingjer, 1991; Rusko, 1987b). Senere år er ski-sprint blitt en populær del av langrenn (Losnegard, 2013), hvor karakteristikken til energiomsetningen er annerledes. I en studie av Losnegard, & Hallén (2014b) undersøker de fysiologiske og antropometriske ulikheter mellom sprint- og distanseløpere. Sprintløpere har høyere VO_{2peak} i absolutte verdier og distanseløperne har høyere relativ VO_{2max} , som tilskrives ulikheter i antropometrien mellom utøverne. I studien til Vestrinen, Mikkola, Nummela, Hynynen & Häkkinen (2009) ble utmattelse i simulert sprint-langrenn undersøkt for å se på effekter og årsaker til utmattelse hos utøverne. Tidligere forskning har ikke funnet høy korrelasjoner mellom prestasjon i sprint og VO_{2max} (Hoffman & Clifford, 1992; Ingjer, 1991; Rusko, 2003). Vestrinen et al. (2009) fant positiv korrelasjon mellom observert topp i laktat (LA_{peak}) og kraft gjennom første heat, selv om den positive korrelasjonen var lavere i påfølgende heat. I kontrast av dette blir det observert en korrelasjon mellom høyest måling av oksygen (VO_{2peak}) konsumert og økning av kraftutvikling fra heat til heat. Dette er motstridende til resultater fra Stöggl, Lindinger & Müller (2007) som observerte økning i korrelasjon mellom høyeste laktatkonsentrasjon i blod og kraftutvikling fra heat til heat, og ingen korrelasjon mellom VO_{2peak} og kraftutvikling fra noen av heatene. I studien til Stöggl et al. (2007) er løypeprofilen flat (1,5 grad), stigning (8,5 grader) og nedoverbakke (-2 grader), mens i studien til Vestrinen et al. (2009) ble det brukt en flat profil. På bakgrunn av ulik metode, kan dette virke inn på fysiologiske krav som stilles. I bratt terreng stilles det andre krav til bruk og valg av teknikk på ski. Med økende stigning (4-5 > grader) og bratt terreng, er det observert forskjeller i laktat sammenlignet med hjertefrekvens i ulik terreng og valg av teknikk (Björklund, Laaksonen & Holmberg, 2011; Losnegard, 2013). Diskusjonen angående hva som er avgjørende på sprint blir også overført til lengre løp.

Vestrinen et al. (2009) diskuterer betydningen av anaerobkapasitet i starten av sprint konkurranse, mens aerobkapasitet ser ut til å være av større betydning for opprettholdelse av kraftutvikling ut i konkurransen. Det trekkes også linjer mellom sprint i langrenn og vanligere distanser (10km, 15km, 30km og 50km). Under lengre distanser går løypene skiftende fra oppover-, nedoverbakke og flat terreng. Løypprofilen karakteriseres som intervall trening, hvor hjertefrekvens og oksygenopptak er tilnærmet maksimale verdier i terreng med stigning (Bergh, 1982).

1.4 Bevegelse i langrenn

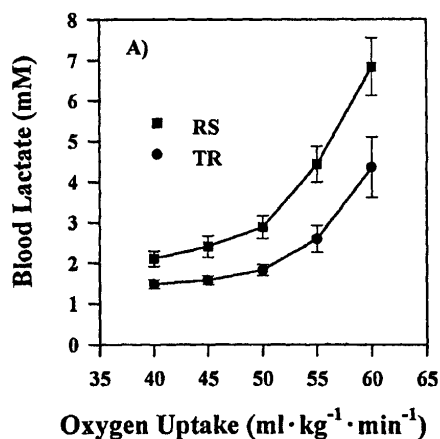
I overkroppen finner man livsnødvendige organer og kroppen er avhengig av konstant tilførsel av oksygen for å arbeide (Ingjer, 1991). Når langrennsløper går diagonalgang uten staver er oksygentilførselen til beina større en overkroppen. Dette endres når langrennsløper bruker staver, og overkropp kobles inn (Bojsen-Møller, Losnegard, Kempainen, Kallioksoki & Hallén, 2010). Tilførsel av oksygen til beina reguleres ned ved at femoral arterie ikke utvides tilstrekkelig i beina for å kompensere oksygen kravet til overkroppsmuskulaturen. Ved kombinasjon av bein og overkropp vil oksygentilførselen være større i beina. I staking er overkroppen under intensivt arbeid og beina er med på stabiliserer og holde overkroppen i riktig posisjon for utvikling av kraft (Holmberg, Lindinger, Stöggl, Eitzlmair & Müller, 2005). Dette gjelder spesielt i dobbelttak, som er beskrevet i studien til Holmberg et al. (2005) som et kompleks bevegelsesmønster hvor kraftutvikling er avhengig av spesifikk muskelaktivering og spesifikke karakteristikk som fleksjon og ekstensjonsmønster i albue-, hofte- og kneleddet. I studien til Bojsen-Møller et al. (2010) brukes PET skanner for å se på muskelbruk under staking. Under lav intensitet ($53 \pm 5\%$ av VO_{2max}) var triceps brachii, latissimus dorsi, teres major, pectoralis major og bakre del av deltoideus fremtredende under staking, i tillegg til muskler i underkroppen. Under intensivt arbeid ($74 \pm 3\%$ av VO_{2max}) var det trend til lavere aktivitet i triceps brachii og økende aktivitet rundt kne- og hofteleddet, i tillegg til en signifikant økning i laktat (Bojsen-Møller et al., 2010).

1.5 Begrensninger – over- versus underekstremiteter

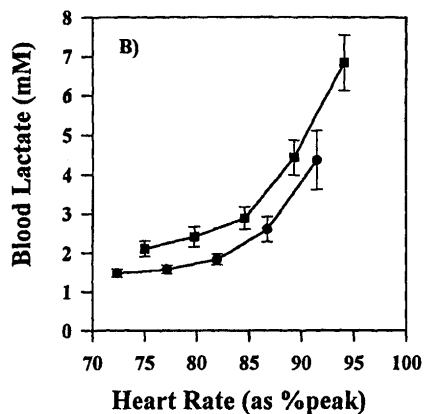
I en studie av Calbet et al. (2004) undersøkes forskjeller i oksygenopptak opp mot hvor mye oksygen som er tilgjengelig for beinmuskulaturen og overkroppen. I studien konkluderes det at overkroppen tar opp mindre oksygen som den blir tilbudt sammenlignet med beinmuskulaturen. Q_{max} er en viktig faktor eller begrensning for VO_{2max} (Helgerud et al.,

2007). I arbeid med både bein og overkropp ser det ut til at begrensningen ligger i kapasiteten til overkroppen, og overkroppens evne til og ta opp tilbudt oksygen. Under testingen ble staking gjennomført med en intensitet tilsvarende 86 % av VO_{2peak} (ibid). Calbet et al. (2004) viser til bedre utnyttelse av tilbudt oksygen med økende belastning mot VO_{2max} , og konkluderer med at enn må jobbe på intensitet over 68 % av VO_{2peak} for og kunne utnytte mer av oksygenet som blir tilbudt.

I studien til Rundell (1996) ble det sett på fysiologisk respons mellom to ulike testprotokoller. Ene testen løp utøverne på tredemølle (TR) og den andre ble rulleski (RS) brukt. På submaksimal belastning under TR er laktat og hjertefrekvens lavere enn under RS. Langrennsløpere som testes på TR kan være med på å overestimere anaerob terskel hos langrennsløpere. Spesifikke tester trekkes frem som viktig faktor for riktig fordeling av trening og intensitet (Rundell, 1996). Tester og treningsregime må optimaliseres individuelt, og det foreslås mer funksjonelle tester som møter idrettens spesifikke krav (Rundell, 1996; Rusko, 1987a)



Figur 1.5: Laktatkonsentrasjonen i blod og oksygenopptak ved løping (TR) og rulleski (RS). Ved submaksimal belastning og lik oksygenopptak er det høyere akkumulering av laktat under rulleski. Figur er hentet fra Rundell (1996).



Figur 1.5.1: Laktatkonsentrasjon i blodet mot % av HRpeak. Ved TR er laktat lavere en RS. Figur er hentet fra Rundell (1996).

1.6 Forskning og langrenn

VO_{2max} og laktat er relatert til forutsetninger for prestasjoner innen idretter som stiller stor krav til utholdenhet (Bergh, 1982; Costill, 1976; Rusko, 1987a; Åstrand & Rodahl, 2003). Testing av langrennsløpere er ofte gjennomført som løping på mølle for å følge opp progresjon og videre planlegging av individuelle soner og trening (Bergh, 1987; Bergh & Fosberg, 1992; Ingjer, 1991). Langrenn krever spesifikk bevegelsesmønster fra hele kroppen, og stiller krav til energiomsetning i overkropp- og beinmuskulatur (Bergh & Fosberg, 1992; Gaskill, Serfass & Rundell, 1999; Kvamme, Jakobsen, Hetland & Smith, 2005). Mygind, Larsson & Klaussen (1991) fant i sin studie høy korrelasjon hos eliteutøvere i langrenn og VO_{2max} i dobbelstaketest. Andre har ikke fått samme resultater, men korrelasjon mellom prestasjonsstester på 1km staking i svak motbakke blant skiskyttere (Rundell & Bacharach, 1995). På bakgrunn av stor involvering av hele kroppen under langrenn, kan det tenkes at testprotokoller må inneholde en kombinasjon av arm og bein (Mygind et al. 1991). Mange studier har gjennom årene har sett på kombinasjon mellom armer og bein (Niinimaa, Shephard & Dyon, 1990; Stromme, Ingjer & Meen, 1977; Åstrand, & Saltin, 1961). De fleste studier viser lavere resultater på VO_{2max} under langrenn sammenlignet med løping. I en studie av Bergh, Kanstrup, & Ekblom (1976), ble det observert tilnærmet like verdier i VO_{2max} mellom bruk av armer og bein. Videre diskuteres utvalget som en viktig faktor for resultatene, hvor eliteutøvere har bedre utnytting av tilbudt oksygen under kombinasjon av armer og bein (Broussouloux et al. 1996; Calbet, Holmberg, Rosdahl, Van Hall, Urstad & Saltin, 2005). Staketest er senere år supplert inn i testregimer for å avdekke den fysiologiske kapasiteten til langrennsløpere, og forskere trekker den frem som god test for å kunne

predikere prestasjoner i langrenn (Holmberg & Nilsson, 2008; Holmberg, Lindinger, Stöggli, Eitzlmair, & Müller, 2005). Langrenn trekkes frem som en idrett med ulike tilnærming til teknikkvalg, og er avhengig av flere faktor som terreng, lengde og varighet (Kvamme et al., 2005). Langrenn består mer enn bare staking, og dobbel- og enkeldans trekkes frem som mulig bevegelsesformer under tester (Bojsen-Møller et al. 2010; Losnegard et al., 2012b).

I en studie av Larson (2006) ble det avdekket variasjoner i hjerterefrekvens og laktat under staking, skøyting og løping. Det ble funnet signifikant forskjell mellom hjerterefrekvens på anaerob terskel mellom staking versus løping – mellom staking versus skøyting. Det var ingen signifikant ulikheter i laktat ved terskel. I staking er det lavere hjerterefrekvens på anaerob terskel sammenlignet med skøyting og løping (Larson, 2006; Vergés et al., 2003).

Under trening er pulsklokker brukt for å kartlegge fordeling i intensitet, og i senere tid er også laktat vært indikator på utøvers respons på ulik intensitet (Swart & Jennings, 2004). Laktat øker kurvelineært på bakgrunn av økt belastning (Dennis & Noakes, 1992). Swart & Jennings (2004) trekker frem i sin artikkel flere problemer ved tolkning av laktat og tolkningen av resultater. Lavere laktat på submaksimal belastning er tolket som en forbedring av kapasiteten, men kan også være tegn på overtrening. Endringer kan også tilskrives laktatmåleren og forskjeller mellom ulike målere kan være opp mot 7 %, på den andre siden har laktatmålere vist seg å være reliable verktøy (Bishop, 2001; Buckley, Bourdon & Woolford, 2003). Selv om laktatmålere har vist seg reliable, diskuteres bruken av laktatmålinger i feltet opp mot reliabiliteten. Verdiene kan variere fra hvor blodet hentes (finger, øret og overarm). Øret blir trukket frem som foretrukket sted siden nærliggende muskler under arbeid kan påvirke (Dassonville et al., 1998). Et mulig problem under felttesting er svetten til utøvere. Svette inneholder høy konsentrasjon av laktat og kan gi høye verdier hvis det blandes med blod under testing (Swart & Jennings 2004).

1.7 Intervall trening og langrenn

Tidlige beskrivelser og forståelse av intervall trening var ikke ulik den oppfatningen man har i dag. Fysiologer var tidlig overbevist om at varierende hardt arbeid etterfulgt av hvile var effektiv stimuli for hjertet. På 60-tallet demonstrerte Per-Olaf Åstrand hvordan manipulering av varighet i arbeid og tid i hvile, kunne påvirke fysiologiske responser ved intervall trening (Åstrand & Rodahl, 2003).

Høy intensitets trening (HIT) er repeterte bolker av trening på varighet mellom 1 til 8 minutter hvor kroppen jobber opp mot 90-100% av VO_{2max} og pauser på 1-5 minutter (Seiler & Sjursen, 2004). Studier som kontrollerte fysiologiske adaptasjoner av kontinuerlig arbeid (CA), under laktatterskel (65% av VO_{2max}) opp mot HIT var økende på 70-tallet. Forskingen viste ulikheter i forhold til både metode og utvalg, selv om HIT viste overlegen effekt (Henriksson & Reitman, 1976; Saltin, Nazar, Costill, Jansson, & Gollnick, 1976), viste noen til liten forskjell (Gregory, 1979).

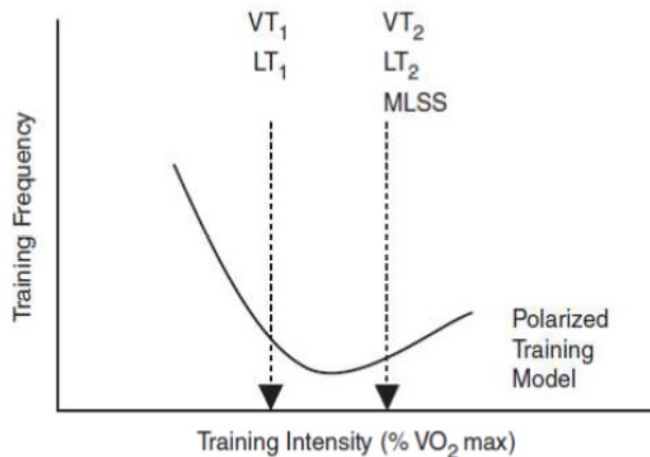
Langrennsløpere planlegger treningen mot konkurranseperioder på vinter og studier har vist en polarisering av treningen på ~80% rolig og ~20% hardt (Ingjer, 1992; Rusko, 1992; Seiler & Kjerland, 2006). Intensitetsskala er et verktøy for å kvantifisere og følge utvikling i treningsarbeidet til utøvere. Hvordan enn tilnærmer seg og tolker dem er viktig for kartlegging og planlegging av trening (Garcin, Fleury, Ansart, Hamard & Billat, 2006; Seiler & Kjerland, 2006). Intensitetsskalaen til olympiatoppen (OLT) er brukt av utøvere i Norge (Tjelta & Enoksen, 2010). Det er rettet kritikk til bruken av OLTs intensitetsskala. Skalaen tar ikke høyde for individuelle ulikheter mellom hjertefrekvens, laktat i blod eller spesifisiteten i bevegelsesmønster, og i høy aktivitet vil mindre muskelgrupper produserer mer laktat enn større (Allen, Lamb & Westerblad, 2008; Borch et al., 1993; Ivy et al., 1980).

Intensitetssone	% av VO_{2max}	% av HF max	Laktat	Varighet
I-sone 8	0	0	0	1-3 min
I-sone 7	0	0	0	3-6 min
I-sone 6	0	0	0	6-15 min
I-sone 5	94-100	92-97	6,0-10,0	15-30 min
I-sone 4	87-94	87-92	4,0-6,0	30-50 min
I-sone 3	80-87	82-87	2,5-4,0	50-90 min
I-sone 2	65-80	72-82	1,5-2,5	1-3 timer
I-sone 1	45-65	60-72	0,8-1,5	1-6 timer

Figur 1.7: Modifisert og hentet fra: Aasen et al. (2005). I-sone 3 omtalt i foreliggende studie som terskeltraining.

Senere studier har undersøkt hvordan distribusjonen er mellom de ulike sonene i treningen til utøvere. I Studien til Seiler & Kjerland (2006) ble 3 intensitetssoner brukt (figur 1.7.2) for å kvantifisere distribusjonen av treningen. Utgangspunktet for hypotesen er normal trening for langrennsløpere, en polarisert karakteristikk. Verktøy for kartlegging av distribusjon mellom ulike soner var hjertefrekvens, laktat i blod og spørreskjema om opplevd anstrengelse. Laktat

ble målt siste uken og gjennomført som steady-state på flatt terreng mellom 20 og 60 minutter. Under intervall økten ble laktat målt etter dragene. Seiler & Kjerland (2006) konkluderer med at utøverne trener polarisert og store deler av trening foregår i sone 1 (71% < 2mmol) og sone 3 (22% 4mmol >), med mindre fokus på sone 2 og LT økter (7% 2mmol-4mmol).



Figur 1.7.1: Polarisert treningsmodell. Hentet fra og laget av Seiler & Kjerland (2006).

Funnene fra studien til Seiler & Kjerland (2006) støttes av andre studier på fordeling av intensitet (Bergh, 1982; Coyle, 1999; Ingjer, 1991; Losnegard et al., 2013). På den andre siden blir det diskutert den lave prosentdelen i sone 2 eller LT (terskel) økter (7%). Mange forskere trekker frem terskeltrening som god supplerende for å forbedre anaerob terskel og VO₂max (Billat, 1996; Borch et al., 1993; Faude et al., 2009), i tillegg til kortere restitusjon i sone 2 sammenlignet med sone 3. Noe av forklaringen kan også tilskrives variasjon av oppbygning av trening å hvor utøvere befinner seg i sesongen (Losnegard et al., 2013; Rusko, 2003). I studien til Rønnestad, Hansen & Ellefsen (2014) ble det sett på intensitet og hyppighet av høyintensitets økter (HIT). Det optimale var blokkperiodisering av treningen, hvor HIT ble intensivert over kortere periode etterfulgt av rolig. Tradisjonell trening blir ifølge Rønnestad et al. (2014) en miks innad i perioder mellom HIT og rolige.

2.0 Metode

2.1 Vitenskapelig tilnærming

I metodekapittelet beskriver jeg metodiske tilnærminger for å gi oversikt over forskningsprosessen. Som forsker ønsker enn gjennom vitenskapelig tilnærming å komme frem til sikker kunnskap. Under denne prosessen ligger en rekke fremgangsmåter for innsamling, behandling og analysering av data (Silverman, 2004). Forskningsmetode er ulik fremgangsmåte for å løse problemer med opprettelse av ny kunnskap (ibid)

2.2 Studiedesign

Valgt metode for masteroppgaven er eksperimentell undersøkelse for å avdekke forskjeller i fysiologisk respons mellom løping og langrenn under terskeltrening. Utgangspunktet for gjennomføringen og innsamling av data under trening var VO_{2max} og anaerobterskeltest i oppstarten av studien. I eksperimentell forskning ønsker forsker å utale seg om kausaliteten og fenomener som oppstår (Tenenbaum & Driscoll, 2005). Kontrollgruppe i eksperimentell forskning er med på å styrke validiteten og reliabiliteten (ibid). I studien er ikke kontrollgruppe tatt med. Begrensninger i utvalg på lokalt nivå var med på å vanskeliggjøre en slik tilnærming. For å sikre prosjektets gjennomføring og avslutning, ble det valgt å inkludere alle som ønsket å delta i prosjektet. Det medførte mye jobb å planlegging (vedlegg 4) for å kontrollere uavhengige variabler som svekker reliabiliteten.

Innsamling av data startet oktober 2013 og ble avsluttet februar 2014. Forsøkspersonene testet VO_{2max} og anaerob terskel i oppstarten av oktober, desember og februar. Mellom testene gjennomførte forsøkspersonene normal trening. Forsøkspersonene fikk oppfølging av hjertefrekvens og laktat, under- og etter treningen. Forsøksperson fikk på forhånd tildelt AT-sone (1:3) (grenseverdier fra testene) og opplæring i bruk av pulsklokker. Hjertefrekvens og laktat ble registrert under terskeløkter, analysering og individuell tilbakemeldinger ble gitt neste dag.

Perioden mellom januar 2013 og februar 2014 gjennomførte forsøkspersonene trening uten tilbakemelding og oppfølging av hjertefrekvens og laktat under terskeltrening. Perioden januar 2013 til februar 2014 var med på å danne grunnlaget for statistikken i foreliggende arbeid. Laktat- og hjertefrekvens ble gitt til forsøkspersonene i etterkant av øktene. Dette ble

gjort for å minimere innvirkning på datagrunnlaget, slik at utøverne trente normalt uten intensitetsstyring fra forsker under selve treningen.

2.3 Forsøkspersoner

Forsøkspersonene i studien var 15 friske langrennsløpere i alderen 15-19 år på regionalt nivå i Nordland fylke. Ingen av forsøkspersonene har tidligere hevdet seg på nasjonalt nivå, 2 av guttene har plukket 2 poeng hver i Norgescup. 5 av forsøkspersonene avsluttet sin deltakelse på grunn av skader/sykdom og mangel på oppmøte. De ble ikke ekskludert fra trening, men er ikke med i fremstilling av masteroppgaven. I studien er 10 forsøkspersoner, 4 jenter og 6 gutter i alderen 15 til 19 år representert.

Tabell 2.3: Viser antropometriske egenskaper til utøverne.

	N=	Høyde (cm)	Vekt (kg)	Alder (år)
Jenter	4	172±2,6	63±4,7	17±1,3
Gutter	6	182±4,0	75±3,8	17±1,5
gruppen samlet	10	178±6,0	70±7,3	17±1,4

Verdier er oppgitt som gjennomsnitt og SD±.

2.4 Inklusjonskriterier

Studien startet i oktober 2013 og ble avsluttet februar 2014. Får å sikre høy N= ble det valgt å gi alle muligheten til deltakelse i prosjektet og oppfølgingen. Enkelte kriterier måtte således oppfylles uavhengig om ønsket deltakelse. Alle måtte være friske, skadefri og langrennsløpere i samme klubb.

2.5 Eksklusjonskriterier

Skader, sykdom og manglende oppmøte på treninger førte til ekskludering fra studien.

Tilbakekomst fra skader eller sykdom førte ikke til ekskludering fra treninger, men inngikk ikke lenger i studien.

2.6 Tilvenning

Forsøkspersonene testet VO_{2max} og anaerob terskel mai 2013. Testene var uavhengig av studien og er ikke med i resultatene. Forsøkspersonene er kjent med gjennomføring av

fysiologiske tester i laboratorium. På bakgrunn av tidligere tester og forsøkspersonenes kjennskap til dem, ble det valgt og ikke gjennomføre pilotstudie. Verdiene fra mai 2013 ble referanse for testleder under VO_{2max} og anaerob terskeltest. Tidligere resultater var til hjelp med starthastighet (km/t) og stigning (%) under testing. Pilotstudie i feltet burde vært gjennomført. På bakgrunn av tidspress ble det valgt og ikke gjennomføre det, men ble kompensert ved nøye planlegging.

2.7 Utstyr

Ved laktatmålinger i laboratorium og felt ble Lactate scout+ brukt (SensLab GmbH, Leipzig Tyskland) (Tanner, Fuller & Ross, 2010). Fingertuppen ble punktert ved bruk av sterile engangsstikkere (EKF diagnostic, Tyskland). Sensor strips er levert av samme produsent som laktatmåleren å tar opp 0,2 μ l kapillær blod. Laktatmålerne har en range fra 0,5-25 mmol/L og feilmargin på $\pm 3\%$ (brukermanualen til produsenten). Under testing ble målerne klargjort ved bruk av testsolution fra produsent. Kalibreringen var akseptabel med verdier fra 8,9-11,1.

Før hver test i laboratorium ble forsøkspersoners vekt målt på A&D vekt (USA) å tildelt pulsbelte (team2 polar, Oy Finland). Hjerterefrekvens under begge testene ble overført til polar team2 system, og hjerterefrekvens var visuelt tilgjengelig for forsker under både anaerob terskel- og VO_{2max} test på pc. I etterkant av tester i laboratorium og felt ble hjerterefrekvens behandlet i Polar ProTrainer5 (Oy, Finland).

Oksygenmålingene under VO_{2max} test ble målt gjennom en VO_2 - analysator (sensormedics Vmax 12-7, Jaeger GmbH, Tyskland). Forsøkspersonene brukte en toveis ventil (munnstykke) til å puste gjennom (Hans Rudolph, USA). Før oppstart av testing ble luften i rommet kalibrert ved hjelp av en 3 liter pumpe (Hans Rudolph, USA), og mellom hver test ble en automatisk kalibrering gjennomført. Mellom hver tredje test ble slange byttet og ny runde med manuell kalibrering. Munnstykket ble vasket grundig mellom hver VO_{2max} test i syrebad (CIDEX OPA, Sveits). Under anaerob terskel- og VO_{2max} test løp forsøkspersonene på mølle som er spesiallaget til testlaboratoriet ved idrett, Universitetet i Nordland (typen RL 3500E, Rodby innovation Sverige 2004).

2.8 Testprosedyrer

2.8.1 Forberedelser til testing

Alle forsøkspersonene fikk beskjed om å avstå fra alkohol eller tobakk 24 timer før testing. Vann rett før og under var tillatt, og forsøkspersonene ble oppfordret til lett måltid senest to timer før test (Rønnestad et al., 2014). Hard fysisk aktivitet 48 timer før test måtte unngås (ibid). Om forsøkspersonene ble syk i form av forbigående forkjølelse, ble testen utsatt til forsøkspersonen var frisk.

Testene ble gjennomført i idrettsfysiologisk testlaboratorium ved idrettsseksjonen, Universitetet i Nordland. Samme utstyr ble brukt under alle tester. Masterstudentene (forskerne) fikk opplæring og oppfølging av førsteamanuensis Svein Barene, i tillegg til veileder Stein Rodahl. Skulle uenigheter oppstå i tolkning eller feil under testing ble en av overnevnte hentet inn for kyndig vurdering.

Under felttesting fikk forsøkspersonene beskjed om å stille uthvilt til terskeltrening. Presisering av hva som ligger i forberedelser å hva som ble forventet av dem som forsøkspersoner ble vektlagt, å sett som viktig tiltak for å styrke datagrunnlaget å gjennomføring av studien.

Variabler målt i laboratorium

- Laktat i blodet.
- Oksygenopptak.
- Hjerterefrekvens.
- Respiratorisk kvotient.
- Stigning, hastighet og tid.
- Tid (sekunder/minutter på testene).

Variabler målt i felt

- Hjerterefrekvens.
- Laktat i blodet.
- Antall drag.
- Tid (minutter/sekunder på økten og dragene).

2.8.2 Oppvarming laboratorium

Oppvarming på mølle i 10 minutter. 1% stigning for både gutter og jenter. Hastigheten for gutt var 7 km/t og jenter 6 km/t. Oppvarmingen tilsvarte rundt 40-60% av VO_{2max} (Ingjer, 1991). Etter oppvarmingen fikk de mulighet til å drikke vann.

2.8.3 Laktatprofiltest

Testen ble gjennomført som trappe-test. Terskel ble estimert ut ifra de to laveste målingene under de 3 første dragene pluss 1,5 (Faude et al., 2009; Svedahl & MacIntosh, 2003). Testen ble gjennomført med 4-6 runder av 5 minutter per drag (Borch et al., 1993). Etter hver runde ble hjerterefrekvens og laktat registrert. Ved signal hoppet/steg forsøkspersonen på møllen og testen fortsatte. Starthastigheten ble satt på bakgrunn av tidligere test, oppvarming, hjerterefrekvens. Hastigheten varierte mellom 7 km/t - 8 km/t. Stigningen varierte mellom 5.25% og 10.5%, og var bestemt ut ifra form og treningsgrunnlag. Testen ble avsluttet når laktat var høyere enn estimert terskel (ibid). Hastigheten ble økt med 1 km/t for hvert trinn i testen.

2.8.4 VO_{2max} test

Forsøkspersonene fikk 5 minutter aktiv pause etter avsluttet laktatprofiltest. Hastigheten under VO_{2max} testen ble satt til hastighet forsøkspersonene hadde under nest siste arbeidsbelastning under laktat testen. For hvert minutt ble en økning gjort på 1 km/t. Varigheten på testen lå mellom 4-6 minutter (Åstrand & Rodahl, 2003). Når forsøkspersonene kjente tegn til utmattelse økte hastigheten med 0,5 km/t. Kommunikasjonen mellom forsøkspersonen og testlederne var gjennom håndsignaler. Disse ble forklart og gjort kjent før testens start. Som supplerer av objektiv antakelse om utmattelse og avslutning av test, ble hjerterefrekvens, respiratorisk kvotient og oksygen brukt (Basset & Howley, 1997).

Testen avsluttet hvis forsøkspersonen ikke maktet mer, oversteg 1,05-1,20 respiratorisk kvotient eller opptak av oksygen viste negativ utvikling, selv ved økende belastning (Ingjer, 1991). VO_{2max} ble satt til gjennomsnittet av de to høyst nærliggende målingene (Rønnestad et al., 2014). Individuelle målinger hver 20 sekund.

2.8.5 Intensitetsstyring-felt

2.8.5.1 Anaerob terskeltrening

Forsøkspersonene ble på bakgrunn av fysiske tester gitt veiledning om oksygenopptak og anaerob terskel. Resultater fra testene var utgangspunktet for gjennomføring av trening i studiens periode. Intensitetsstyringen var støtte for trener og forsøkspersonene, med utgangspunkt i individuelle soner/grenseverdier. Under terskeløkter ble hjertefrekvens og laktat registrert. tilbakemelding til forsøkspersonene ble sendt som Word dokument dagen etter trening. I tillegg til et forsøk på objektiv tilbakemelding på intensitet ble forsøkspersonenes synspunkter på opplevde anstrengelse og intensitet tatt med i betraktningen.

2.8.5.2 Etter anaerob terskeltrening

Tilbakemelding til forsøkspersonene ble sendt som Word dokument dagen etter trening. Pulsbrikker ble samlet inn for analysering av hjertefrekvens. Gjennomsnittlig hjertefrekvens under dragene ble siste 30 sekunder (Seiler & Kjerland, 2006). Det var forventet av forsøkspersonene å lese tilbakemelding å komme med eventuelle spørsmål. Pulsbrikker og utstyr ble jevnlig ladet og sendt til service. Laktatprøver tatt under treningen ble samlet å destruert.

2.8.5.3 Spesifikke økter - datagrunnlag

Øktene som danner datagrunnlaget og som skal svare på problemstillingen er fire ulike økter. Det som skiller øktene er underlag, valg av teknikk-bevegelse og stigning. Alle økter er terskeløkter hvor målet er å treffe individuelle soner med utgangspunkt i grenseverdiene fra anaerob terskeltest, omtalt i studien som terskeltrening. Dragene under øktene og varighet er lik for alle terskeløkter: 5-6 drag, 6-8 min og pause 2min (Seiler & Kjerland, 2006). Terreng og stigning skilte øktene (løpTerreng versus løpFlat og skiTerreng versus skiFlat). Under skiF jobbet forsøkspersonene med fart på flatt terreng (400m bane), skiT var konkurransefart

og teknikkvalg i varierende terreng mål for økten. LøpF ble gjennomført på 400 meter løpebane, løpT i varierende terreng og stigning. Varighet, antall drag, og intensitet er på bakgrunn av OLTs intensitetskala (Aasen et al., 2005) med individuelle tilpasninger for I-3 trening og arbeidet til Seiler & Kjerland (2006).

2.9 Statistikk

Data ble analysert ved hjelp av IBM SPSS Statistics (Statistical Package for the Social Science versjon 20) og Microsoft Excel (versjon 14, Microsoft 2010). Det ble opprettet en datamatrix for alle testene. Foruten unntak av deskriptiv beskrivelse av gruppen, vil de fleste variablene bli beskrevet som gjennomsnitt og standardavvik for hele gruppen samlet. I besvarelsen av hovedproblemstillingen ble differansen på relative verdier signifikantstestet ved hjelp av tohalet paret t-test. Resultatene ble plottet i Excel (2010) for visuell fremstilling og sammenligning. Signifikantnivå er satt til $p < 0,05$.

2.9 Reliabilitet og validitet

Reliabiliteten knytter seg til data i undersøkelsen. Hvilke data som brukes, hvordan den samles inn og hvordan man bearbeider den (Johannessen, Christoffersen & Tufte, 2011). Reliabilitet i forskning uttrykker påliteligheten til forskningen og resultater. Johannessen et al. (2011) trekker frem punkter for økt reliabilitet, som test-retest og interreliabilitet. Styrken ved slik forskning er repliserbarheten. Gjentas forskning med samme struktur kan en forvente tilnærmet lignende resultater. Johannessen et al. (2011) trekker frem reliabilitet som del av forskningen og analysemetodikken som viktig redskap for økt reliabilitet.

I eksperimentelle studier er det viktig og ta høyde for feilkilder som kan skade datagrunnlaget (Silverman, 2011). I laboratorieforskning blir respiratoriske egenskaper og oksygenopptaket til forsøkspersonene testet av validert utstyr (Tenenbaum et al., 2005). Silverman (2006) trekker frem testen som tidkrevende og kostbart som en begrensning. I studien og innsamlingen av dataen er den fysiske kapasiteten til forsøkspersonene kartlagt ved testing av VO_{2max} og anaerob terskel i laboratorium. Før studiens oppstart ble full service gjennomført av AkumedNorge. Utstyr som ikke var tilfredsstillende ble skiftet ut.

Opplæring av prosedyrer og protokoller ble gitt av Førsteamanuensis Svein Barene (Ingjer, 1991).

Angående reliabiliteten under testing ble prosedyrer gjennomført likt under hver test i laboratorium, og finner den tilfredsstillende. Dette gjelder også testene i felt. Det må på den andre siden trekkes frem objektiv reliabilitet, og hva forsker ser på som adekvat tilnærming i feltet (Silverman, 2006).

Forskningen og hva som blir undersøkt er valid, på den andre siden er forhold som må diskuteres. Lav N i studien er en svakhet og kan påvirke resultatene. I rekrutteringsprosessen ble alle inkludert slik at N skulle forholde seg så høy. Ved stort frafall kunne datagrunnlaget blitt svekket (Johannessen et al., 2011). Variabler som kunne svekke validiteten under testing ble tatt høyde for, og mye planlegging ble gjort for å kontrollere dette.

2.9.1 Etiske betraktninger

I forskning er det viktig å reflektere over egen forskningspraksis og tilnærming til innsamling av data. Innfor naturvitenskapelig testforsøk er forskeren ansvarlig for forsøkspersonenes helse og sikkerhet. Det er forskerens ansvar at forsøkspersonene er kjent med mulige konsekvenser og fordeler. Dette er fundamentalt for å gjennomføre adekvat forskning og ivareta legitimiteten.

Forsøkspersonene ble informert om forskningsprosessen muntlig og skriftlig. Under muntlig presentasjon i auditorium gikk forsker gjennom prosjektets gjennomføring å delte ut informasjonsskriv (vedlegg.1) og samtykkeskjema (vedlegg.2) til forsøkspersonene og foresatte (under 18 år). Alle ble informert om frivillig deltakelse og frafall fra prosjektet ikke måtte begrunnes. Samtykke ble samlet inn før prosjektets start. Data ble kodet mot pulsklokker, å bare forsker hadde mulighet til å spore tilbake til forsøkspersonen. Oppbevaring å anonymisering av forsøkspersonene ble godkjent av Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste (vedlegg.3).

3.0 Resultater

I denne masteroppgaven er formålet å se på hvordan unge langrennsløpere responderer på laktat og hjertefrekvens under løping og langrenn. Individuell anaerobterskel er satt på bakgrunn av løpetest i laboratorium. Innsamling å oppfølging av data foregikk under både løping og langrenn ute i feltet. Hjertefrekvens og laktat ble lagt inn i SPSS 20 å analysert for ulikheter ved hjelp av en paret tohalet t-test . Enkeltverdier fra øktene er plottet i Microsoft Excel (2010) for visuell fremstilling av laktat og hjertefrekvens fra fire ulike terskeløkter, samt deskriptiv fremstilling av anaerob terskel og VO_{2max} utvikling.

Med utgangspunkt i problemstillingen og tidligere forskning er to hypoteser utarbeidet:

H_0 : Terskeltrening under løping og langrenn med tilnærmet lik hjertefrekvens vil gi ulike laktatverdier.

I tilknytning til H_0 : Vil jeg også se på om det er slik som antydnet i forskningen, det er ikke forskjell i hjertefrekvens mellom løping og langrenn.

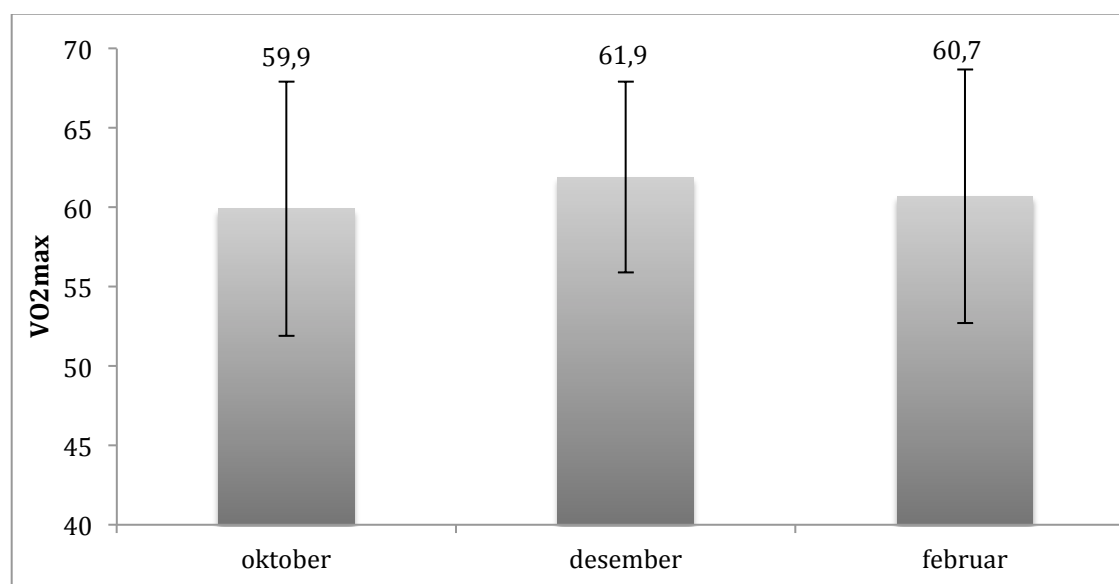
Fysisk utvikling gjennom forskningsperioden fra VO_{2max} - og anaerob terskeltester blir også fremstilt og diskutert.

3.1 Deskriptiv statistikk

Tabell 3.1: Viser VO_{2max} fra tester i oktober 2013, desember 2013 og februar 2014.

	Laveste VO_{2max}	Høyest VO_{2max}	Gj.snitt VO_{2max}
okt.13	44,8	69,4	59,9±8
des.13	52,4	69,6	61,9±6
feb.14	45,4	67,7	60,7±8

Gjennomsnittlig $SD\pm$ utvikling i VO_{2max} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) fra oktober 2013, desember 2013 og februar 2014. Under alle tester er samme gruppe med forsøkspersoner ($N=10$) i alderen 15 til 19 år (17 ± 2 år) brukt.



Figur 3.1: Oversikt over VO_{2max} tester som gjennomsnitt og $SD\pm$ for hele gruppen ($N=10$).

Fra oktober 2013 til desember 2013 er det forbedring i VO_{2max} fra 59,9 ($SD\pm 7,99$) til 61,9 ($SD\pm 6,22$), prosentvis forbedring på 3,34%. Fra desember 2013 til februar 2014 er det nedgang i VO_{2max} fra 61,9 ($\pm 6,22$) til 60,7 ($\pm 7,96$), prosentvis nedgang på -1,94%.

Totalt er det en fremgang i VO_{2max} fra oktober 2013 til februar 2014 på 1,34%.

Standardavviket er lavere i desember 2013 sammenlignet med oktober 2013 (-22,15%) og februar 2014 (-21,86%).

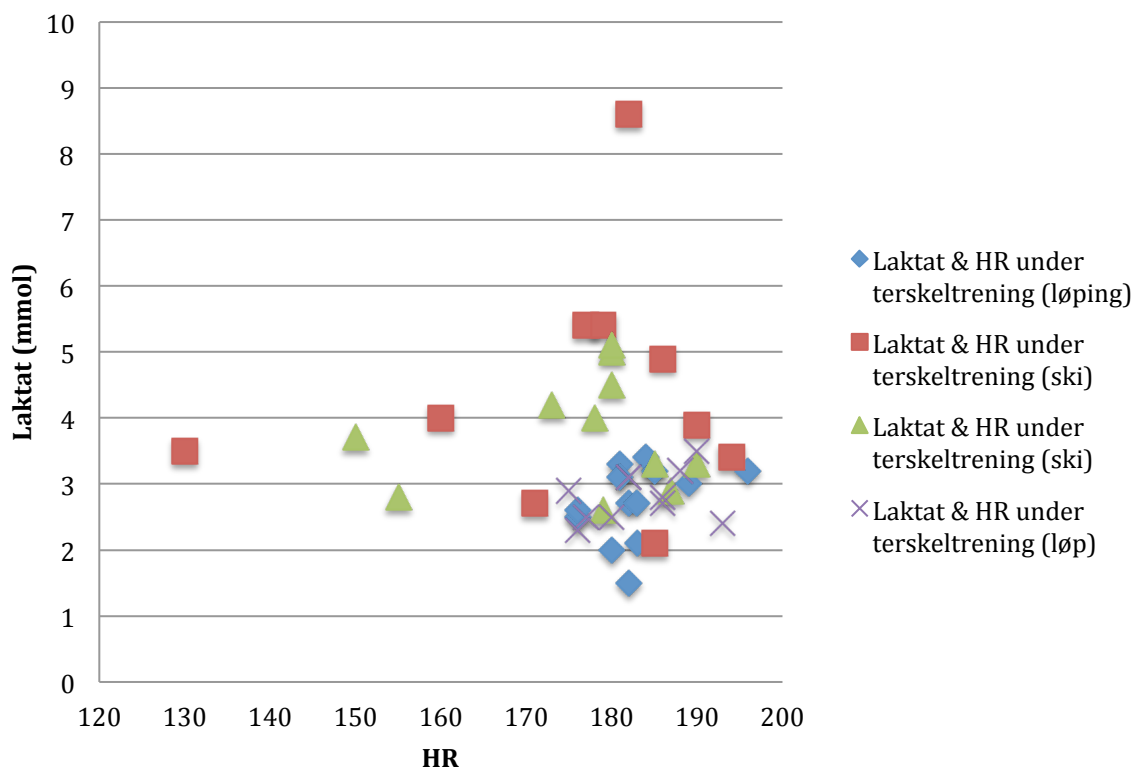
Tabell 3.1.1: Oversikt over utvikling i terskel fra oktober 2013, desember 2013 og februar 2014 for hele gruppen. Oppgitte verdier er laveste, høyeste og gjennomsnittlig terskel som hjertefrekvens.

	Laveste terskel	Høyeste terskel	Gj.snitt terskel
	Slag/min	Slag/min	Slag/min
Anaerob terskel oktober 2013	177	189	183,9±4,35
Anaerob terskel desember 2013	176	189	182,8±4,56
Anaerob terskel februar 2014	170	188	180±6,27

Verdier er gjennomsnitt og SD±, høyeste og laveste hjertefrekvens på individuelle anaerobe terskel. Under alle tester er samme gruppe med forsøkspersoner (N=10) i alderen 15 til 19 år (17±2 år) brukt.

Tabell 3.1.2 viser en negativ utvikling i gjennomsnittlig hjertefrekvens på anaerob terskel. Fra oktober 2013 til desember 2013 en nedgang på -0,60%, og oktober 2013 til februar -2,07%. SD± øker fra oktober 2013-desember 2013 (4,83%), desember 2013-februar 2014 (37,5%), en total endring på 44,14% i SD±. Høyeste hjertefrekvens på anaerob terskel endrer seg ikke fra oktober 2013 til desember 2013, ned 1 slag fra desember 2013 til 2014 (0.5%). Laveste hjertefrekvens på anaerob terske går fra 177 (oktober 2013), 176 (desember 2013) til 170 på siste testrunde (februar 2014). Total endring på laveste måling er -3,95%.

Laktat & HR under løping og ski



Figur 3.1.2: Oversikt over enkeltplottinger gjennomført i Excel (2010). Hvert punkt representerer individuelle verdier på hjertefrekvens og laktat. Det ble gjennomført målinger på hver forsøksperson under fire ulike terskeløkter.

I diagrammet er det plottet inn individuelle målinger av hjertefrekvens (HR) og laktat (mmol) fra 4 ulike terskeløkter. Gjennomsnittlig grenseverdier fra anaerob terskel er 2,71mmol (laktat) og hjertefrekvens 185 slag/min. Bildet gir en visuell fremstilling på hvordan forsøkspersonene responderer på laktat og hjertefrekvens under løping og langrenn. Under løpeøktene er målingene sentrerte rundt gjennomsnittlig terskel- laktat og hjertefrekvens for gruppen samlet. Resultater fra terskeløktene under langrenn viser en spredning i laktat og hjertefrekvens, sammenlignet med løpeøktene.

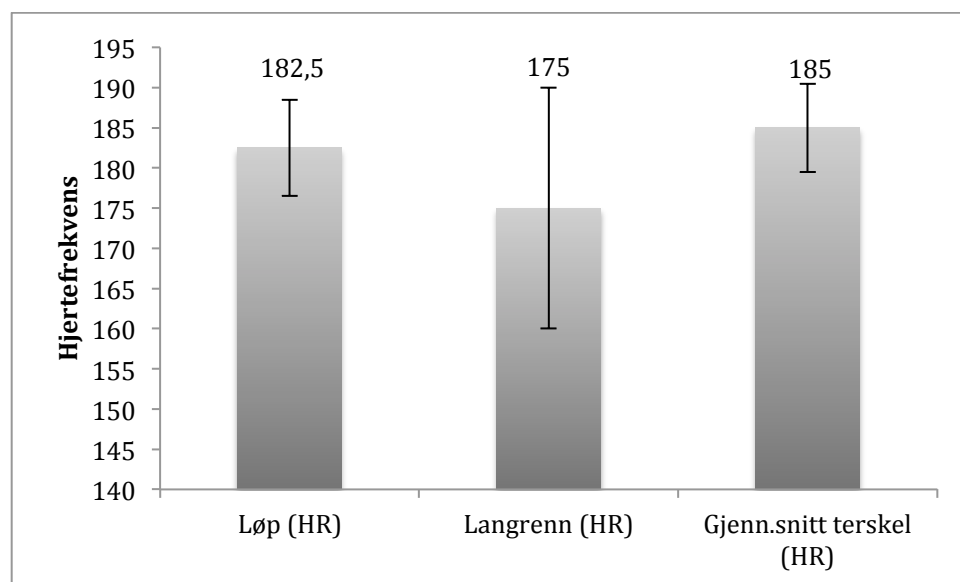
3.2 Statistiske analyser

Tabell 3.2: Paret t-test mellom løping og langrenn i feltet.

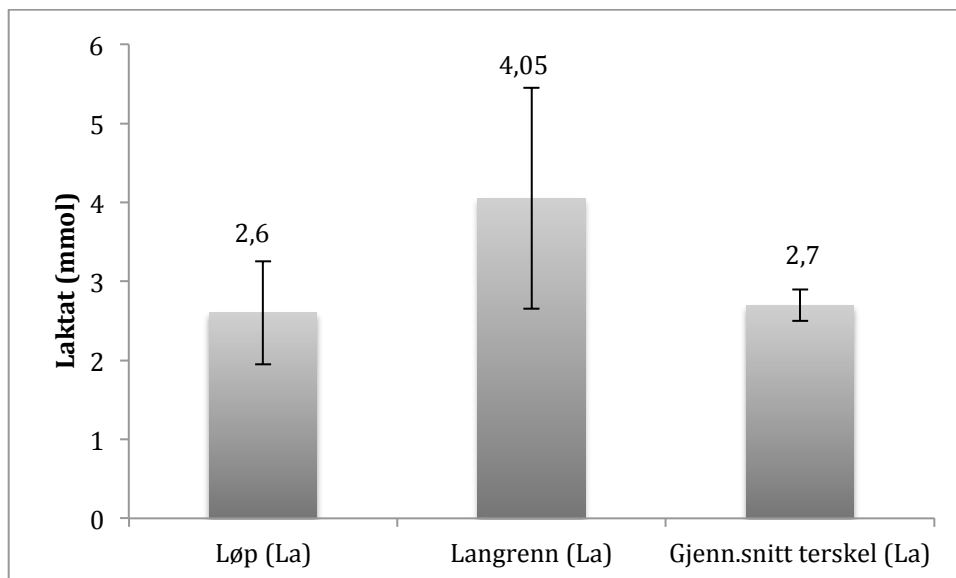
	Gj.snitt Løp	Gj.snitt Langrenn	Sig. P<0,05
Sum og Gj.snitt av HR – Løp vs Langrenn	182,5±6	175,5±15	0,169
Sum og Gj.snitt av Laktat – Løp vs Langrenn	2,6±0,65 (mmol)	4,05±1,4 (mmol)	,007**

**P < 0,01, signifikant forskjell- * P < 0,05, signifikant forskjell. N=10, alder 15 til 19 år (17±2).

Under terskeltrening på løping og langrenn er det ingen signifikant forskjell i hjerterefrekvens (sign = 0,169). Laktat under løp og langrenn er signifikant forskjellig (p<0,007**).



Figur 3.2: Gjennomsnittlig hjerterefrekvens fra terskeløkter under løping og langrenn. Tredje rad til høyere er gjennomsnittlig anaerob terskel fra løpetest i laboratorium. Verdiene er gjennomsnitt og SD± for gruppen samlet (N=10).



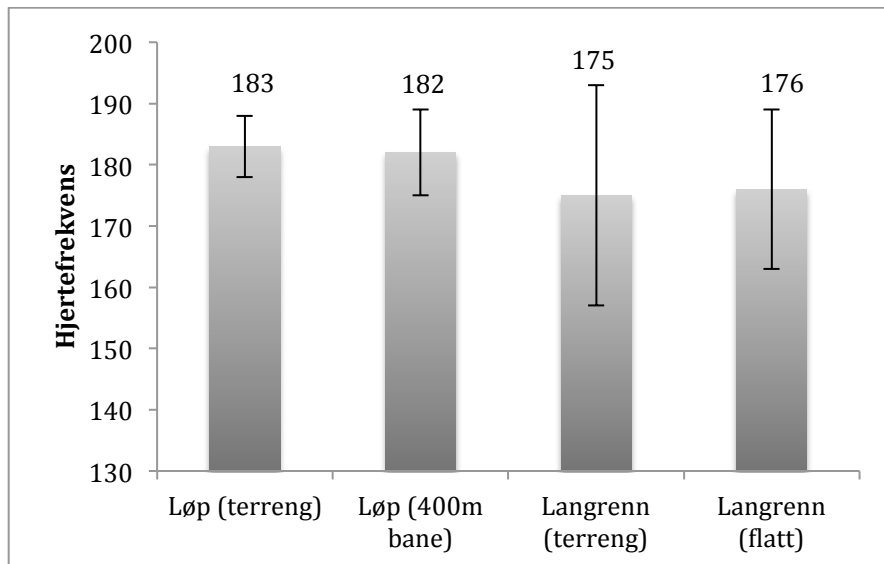
Figur 3.2.1: Gjennomsnittlig laktat fra terskeløkter under løping og langrenn. Tredje rad til Høyere er gjennomsnittlig terskel ved laktat fra løpetest. Verdier er oppgitt som gjennomsnitt og SD± (N=10).

Tabell 3.2.1: Paret t-test for og avdekke eventuelle ulikheter mellom terskeløkter. Løpeøkter ble testet mot hverandre på laktat og hjertefrekvens, samme ble gjort mellom langrennsøktene.

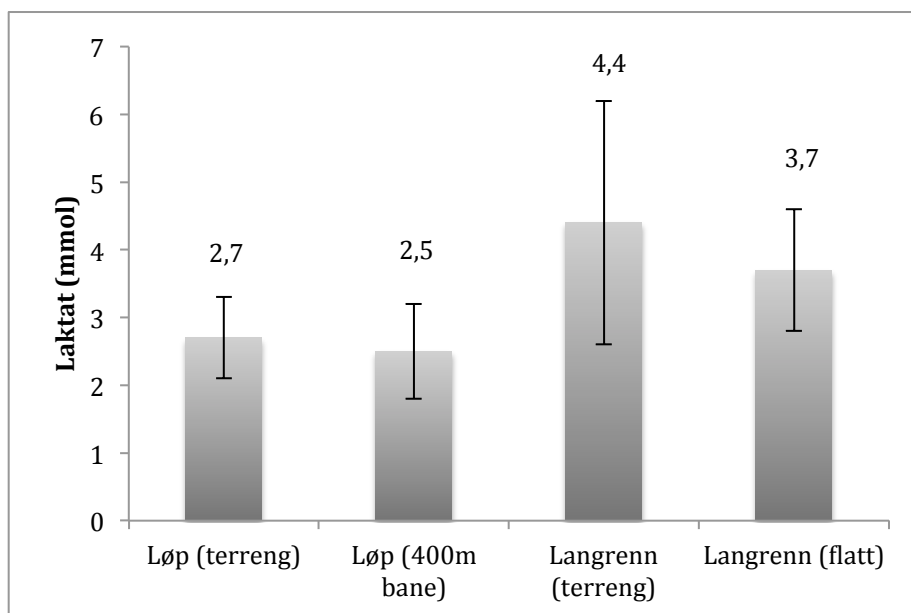
	Gjennomsnitt	Sig. P < 0,05
Løping1 (terreng) vs Løping2 (400m bane)- Hjertefrekvens	183±5 - 182±7	0,361
Løping1 (terreng) vs Løping2 (400m bane)- Laktat	2,7±0,6 - 2,5±0,7 (mmol)	0,602
Langrenn1 (variert terreng) vs Langrenn2 (flatt)- Hjertefrekvens	175±18 - 176±13	0,858
Langrenn1 (variert terreng) vs Langrenn2 (flatt)- Laktat	4,4±1,8 - 3,7±0,9 (mmol)	0,174

*P < 0,01, signifikant forskjellig- * P < 0,05, signifikant forskjellig. N=10, alderen 15 til 19 år (17±2).

Det ble gjennomført en paret t-test internt mellom øktene for og avdekke ulikheter i laktat og hjertefrekvens. Mellom løpeøktene ble det ikke funnet signifikante forskjeller i hjertefrekvens (sign = 0,361) eller laktat (sign = 0,602). Dette var også gjeldene for hjertefrekvens (sign = 0,858) og laktat (sign = 0,174) mellom langrennsøktene.



Figur 3.2.2: Gjennomsnittlig hjertefrekvens under fire ulike terskeløkter. Verdiene er gjennomsnitt for hele gruppen. De lodrette linjen representerer $SD\pm$ (N=10).



Figur 3.2.3: Oversikt over laktat fra fire ulike terskeløkter. Tallene er gjennomsnitt for gruppen samlet. $SD\pm$ vist med lodrett linje (N=10).

4.0 Diskusjon

Hensikten med det foreliggende arbeidet var å se om en standardisert VO_{2max} og anaerob terskeltest i løping er en reliabel tilnærming til testing av langrennløpere, når grenseverdiene blir brukt under terskeltrening på ski. På bakgrunn av overnevnte tester ble individuelle soner gitt, og brukt under terskel-økter på løping og langrenn. I tillegg til og svare på problemstilling, blir utvikling av anaerob terskel og VO_{2max} og metodiske svakheter diskutert.

Studiens hovedfunn er ulikheter mellom terskeløkter på løping og langrenn. Det ble funnet en sterk signifikant forskjell i laktat mellom løping ($2,6 \pm 0,65$) og langrenn ($4,05 \pm 1,4$) ($p < 0,007^{**}$). Det ble ikke funnet statistiske ulikheter i hjertefrekvens mellom løping ($182,5 \pm 6$ slag/min) og langrenn ($175,5 \pm 15$ slag/min) ($sign = 0,169$). Selv om det ikke er signifikant, er det trend til lavere hjertefrekvens under terskeløkter på langrenn sammenlignet med løping.

Mellom løp i terreng (183 ± 5 slag/min - $2,7 \pm 0,6$ mmol) og på bane (400m) (182 ± 7 slag/min - $2,5 \pm 0,7$ mmol) var det ingen signifikant forskjell i hjertefrekvens ($sign = 0,361$) eller laktat ($sign = 0,602$). For å forklare eventuelle forskjeller mellom løping og langrenn, ble det valgt og se på løping og langrenn individuelt. Ingen signifikant forskjell i hjertefrekvens (183 ± 5 - 182 ± 7 slag/min) mellom løp i terreng og bane (400m) ($sign = 0,361$) eller laktat ($2,7 \pm 0,6$ - $2,5 \pm 0,7$ mmol) ($sign = 0,602$) ble funnet. Ingen signifikante forskjeller ble funnet i hjertefrekvens (175 ± 18 - 176 ± 13 slag/min) og laktat ($4,4 \pm 1,8$ - $3,7 \pm 0,9$ mmol) mellom terskeltrening under langrenn i varierende- og flatt terreng ($sign = 0,858$ - $= 0,174$). Ingen statistiske ulikheter ble avdekket og det ble funnet rimelig og bruke snittet fra løp mot langrenn.

Det er en positiv utvikling i VO_{2max} for langrensløperne fra oktober 2013 til desember 2013 (3,34%). Fra desember 2013 til februar en negativ trend i VO_{2max} (-1,94%). På tross av nedgang fra desember til februar, er det en positiv utvikling gjennom datainnsamling og oppfølgingsperioden av forsøkspersonene (1,34%).

Utvikling i anaerob terskel er negativ gjennom innsamling og oppfølgingen. Fra oktober 2013 til desember 2013 en nedgang fra $183,9 \pm 4,35$ til $182,8 \pm 4,56$ slag/min (-0,60%). Fra desember 2013 til februar en nedgang fra $182,8 \pm 4,56$ til $180 \pm 6,27$ slag/min (-1,53%). Total nedgang i gjennomsnittlig terskel - slag/min fra $183,9 \pm 4,35$ til $180 \pm 6,27$ (-2,07%). Høyeste terskel endrer seg med 1 slag/min gjennom perioden, laveste fra 177- i oktober 2013, 176-

desember 2013 til 170 slag/min i februar 2014. Mulig forklaring på nedgang er laveste terskel og standardavvik som er varierende.

4.1 Diskusjon av resultater

4.1.1 VO₂max

Det er en positiv trend til utvikling av VO₂max gjennom perioden. Gruppen er ikke homogen, og laveste tall for oksygenopptak i desember (52,4) er en del høyere en oktober (44,8) og februar (45,4). Variasjoner innad i gruppen kan være med på å påvirke resultatene. Losnegard et al. (2013) fant ingen signifikante forskjeller i VO₂max fra sommer til vinter og konkurranse (fra 76- til 76,9 ml*kg/min). Ulike forskere viser til ulike resultater, og hva som bestemmer prestasjonen videre kan noen ganger virke uklart. Selv om studiene til Losnegard et al. (2013) ikke avdekket signifikant eller store endringer i VO₂max var det forbedring i prestasjon på stakete- og TTUtester (8%), i tillegg til høy korrelasjon med FIS poeng til langrennsløperne. Om det skulle eksistere et tak for VO₂max for utøvere (Rusko, 2003), kan det tenkes i retning av prestasjonstester og spesifikke tilnærminger for og predikere prestasjon og differensiere utøvere, spesielt på eliteutøvere og homogene grupper (Ingjer, 1992).

Selv om en kan diskutere marginale endringer på eliteutøvere er det en udiskutabel sammenheng mellom høye verdier på oksygenopptak og prestasjon i utholdenhetsidretter (Basset & Howley, 1997, 2000; Hoffman & Clifford, 1992; Holloszy & Coyle 1984; Åstrand & Saltin, 1961). Tidligere studier på langrenn har demonstrert at bedre langrennsløpere skårer høyere på oksygenopptak enn dårligere løpere (Ingjer, 1991; Rusko, 2003; Sandbakk, Welde & Holmberg, 2011). Dette støttes også av senere forskning med spesifikke tester. Staketester og tid til utmattelses (TTU) tester og registrering av oksygenopptaket har vist seg å være gode på å skille gode fra mindre gode langrennsløpere. Her er det også funnet sammenheng mellom FIS poeng og prestasjon- VO₂max under staketester og TTU (Losnegard & Hallén, 2014b). Resultatene fra foreliggende arbeid viser en fremgang i VO₂max på 1,34%. Med tanke på variasjon i gruppen og varierende tall på lavest måling, er det vanskelig å forsvare fremgang for hele gruppen gjennom perioden selv om VO₂max ser ut til og være relativt stabil, som også forskere trekker frem som mulig forventet resultat i og under konkurranseperioden (Rusko, 1992; Rusko, 2003).

Selv om fremgangen er vanskelig å si noe om på bakgrunn av variasjon, er nok den prosentvise fremgangen av liten betydning med tanke på lav N= i studien. Det ser ut til at VO_{2max} er relativt stabil gjennom oppkjøring til sesong og gjennom konkurranse. I konkurranseperioden kan opprettholdelse av VO_{2max} være vanskelig, og noen viser liten nedgang (Rusko, 1992; Rusko, 2003). Resultatene i studien ser ut til å ha samme trend i februar måned. I studien til Helgerud et al. (2007) fant han klar sammenheng mellom økt slagvolum og økt oksygenopptak. Ved ingen endring i VO_{2max} kan det tenkes også at det ikke eksisterer endring i slagvolumet til forsøkspersonene.

4.1.2 Laktat og hjertefrekvens

Langrennsløperne trente terskeløkter under både løping og langrenn. Hovedfunnene støttes opp med hva andre forskere har funnet. Det er stor signifikant forskjell mellom løping og langrenn i laktat ($p < 0,007^{**}$). Individuelle soner på bakgrunn av løpetest tar ikke høyde for spesifikke bevegelsesmønstre i langrenn (Bergh, 1987; Bergh et al., 1976). Egenskaper i overkroppen angående muskelfiber type og oksidativ kapasitet er avgjørende faktor (Bouchard et al., 1986). Med økende aktivisering av overkropp og spesifikk muskel bruk av latissimus dorsi og triceps brachii, er det en trend til økende laktat akkumulering (Calbet et al., 2005). Ulikheter i hjertefrekvens er ikke signifikant ($\text{sign} = 0,169$), men en trend til lavere hjertefrekvens og stor spredning for gruppen under langrenn. Forskjeller mellom løp og rulleski på mølle har avdekket store forskjeller (Broussouloux et al., 1996; Rundell, 1996). Resultatene stemmer overens med studien til Rundell (1996) som fant signifikant høyere laktat under rulleski ($3,3 \pm 0,4$) sammenlignet med løping ($2,9 \pm 0,3$) under submaksimal belastning. Ingen signifikant forskjell i hjertefrekvens mellom løp og rulleski ble funnet. Under VO_{2max} ble det funnet signifikant lavere verdier i hjertefrekvens, VO₂ (ml*kg*min), V_e (L*min) på rulleski. Dette tyder på begrensning i overkroppen og testing må være spesifikk mot langrenn. Dette støttes også av Losnegard, & Hallén (2014a) hvor utøverne ikke klarte å nå samme verdier på oksygenopptak under rulleski som ved løping. Begrensninger i overkropp kan være med på å overestimere anaerob terskel i langrenn, og spesifikke tester i utforming av individuelle soner ser ut til å være nødvendig (Gaskill et al., 1999; Holmberg & Nilsson, 2008; Larson, 2006; Mygind et al., 1991).

Under løping benyttes til dels samme teknikk uavhengig av stigning og underlag. I langrenn er teknikkvalg avhengig av løypeprofil og underlag, hvor ulik valg av teknikk setter ulike krav til energiomsetning (Kvamme et al., 2005). Resultatene viste til ingen signifikant

ulikheter mellom langrenn i flatt terreng mot variert terreng (sign = 0,174). I stigning er padling og bruk av overkropp mer fremtredende enn i dobbeldans på flatt terreng (ibid). Under løping i variert terreng og flatt (400m bane) var det heller ingen signifikant forskjell i laktat (sign = 0,602). Videre kan det tenkes at intensitets endring i løping skjer i form av lavere hastighet enn endring i teknikk. I studien til Gaskill et al. (1999) ble det funnet god sammenheng mellom stakekapasitet og prestasjon i langrenn. Kapasiteten i overkropp ser ut til og være en begrensning. Moderne langrenn har utviklet seg siste tiårene, hvor hastighet og teknikk har endret seg (Losnegard, 2013; Stöggl et al., 2007). Staking er hyppigere brukt, dobbeldans i motbakke og økt hastighet under diagonalgang (ibid).

Metode for testing av anaerob terskel er et diskutert tema (Svedahl & MacIntosh, 2003; Wassermann & Mellorroy, 1964). Ulike protokoller for identifikasjon og planlegging av trening er gjennom årene testet ut for å se på effekten. Det er fremdeles noe usikkerhet i sammenheng mellom musklers respons på høyere laktat (Swart & Jennings, 2004) og om høyere verdier viser til utmattelse (Rusko et al., 1980). Annen tilnærming til anaerob terskel er sammenhengen mellom tilgjengelig oksygen, og høyere laktatverdier tilsier utilstrekkelig tilgang (Borch et al., 1993). Fordeler med kartlegging av anaerob terskel er å identifisere intensiteten til utøvere og gi individuelle planer for gjennomføring av trening.

I studien ble grenseverdiene fra løping brukt under langrenn. Det er signifikant ulikhet i laktat mellom løping og langrenn ($p < 0,007^{**}$). Under løping var gjennomsnittlig laktat $2,6 \pm 0,65$ og langrenn $4,05 \pm 1,4$. Langrennutøverne akkumulerer mye mer laktat under langrenn enn løping, i tillegg til lavere puls under langrenn. Med utgangspunkt i hjertefrekvens som mål for anstrengelse og intensitet er langrennsøktene mindre belastende. Paradoksalt er laktat høyere og gjør individuell oppfølging med objektive målemetoder vanskelig for å avgjøre intensiteten under økten. Overkroppskapasitet og muskelsammensetning kan være forklaring en av forklaringene. Muskulatur i overkropp og armer har større fibertype 2 andel, har lavere oksidative enzymer og lavere kapillærtetthet (Withers et al., 1981). Dette medfører lavere utnyttning av oksygen og muskulaturen må da benytte seg av anaerob energiomsetning for tilgang til energi under arbeid. Om dette har noen negativ effekt på langrensløperne i foreliggende studie er vanskelig å si, men videre planlegging og testing burde være spesifikk mot langrenn (Alam, Carling, Chen & Liang, 2013; Bergh, 1987; Holmberg, & Nilsson, 2008).

Hjertefrekvens målt av pulsklokker er anerkjente redskaper for å avdekke intensitet i utholdenhetsidretter (Noakes, Lambert & Gleeson, 1998). I foreliggende studie ble det ikke funnet signifikante ulikheter ($\text{sign} = 0,169$) i hjertefrekvens mellom løping ($182,5 \pm 6$) og langrenn ($175,5 \pm 15$). Det er trend til lavere hjertefrekvens under løping sammenlignet med langrenn. Samtidig er det signifikant forskjell i laktat ($p < 0,007^{**}$) mellom løping ($2,6 \pm 0,65$) og langrenn ($4,05 \pm 1,4$). Ved økende hjertefrekvens er det rimelig å anta mye akkumulering av laktat, på bakgrunn av kurvlineær utvikling ved økende belastning (Maassen & Busse, 1989). Laktat- og hjertefrekvensverdier fra løpetest, overført til langrenn kan være vanskelig. Om langrennsløpere og trenere bare tar utgangspunkt i hjertefrekvens under trening, vil oppfattelse av intensitet vært annerledes uten laktatverdier. Laktatverdier er med på å gi bedre oversikt over intensitet (Billat, 1996). Ulikheter i laktat og hjertefrekvens mellom løp og langrenn kan være forklarende i spesifikk løpetest og som ikke avdekker fysiologiske krav som langrenn stiller (Mygind et al., 1991; Rundell, 1996). På bakgrunn av foreliggende resultater er det fornuftig og foreslå spesifikke tester som imøtekommer langrennssportens krav om helkroppsarbeid (Bergh, 1982).

4.2 Intensitetsstyring

Overvåkning av volum av trening blir normalt kartlagt som antall treningstimer eller avstand, hvor den enkleste metoden er å sammenligne antall timer (Seiler, 2010). Kvantifisering av trening og innhold er vanskelig, men viktig for å gi helhetlig oversikt over treningsregimer. Vanlig tilnærming er intensitetsskala, som er basert på soner av maksimal hjertefrekvens, $\text{VO}_{2\text{max}}$ og laktatkonsentrasjon. Intensitetsskalaen til OLT er standardisert ut i fra forskning på mange utøvere, men tar ikke høyde for individuelle forskjeller (Seiler, 2010).

I studien ble individuelle soner utarbeidet med OLTs intensitetsskala som hjelpemiddel. Seiler (2010) trekker frem fallgruver ved bare bruk av hjertefrekvens hvor tolkning av intensitet kan være mangelfull og til dels lite forklarende. Laktat trekkes frem som god støtte når intensitet skal kartlegges og kvantifiseres. I studien til Seiler & Kjerland (2006) ble kvantifisering kartlagt gjennom både hjertefrekvens og laktat. I studien er også intensitet delt inn i 3 soner. Langrennsløpernes individuelle anaerobe terskel befant seg som ventet innenfor sone 2 (2mmol-4mmol). Utøverne i studien til Seiler & Kjerland (2006) trente 80% rolig og 20%, hvorav 7% innenfor sone 2. Bruk av tid og midler er viktig, og spørsmål hva en skal vektlegge er viktig. 7% er lav prosent, samtidig trener seniorløpere opp mot 700-900 timer i

løpet av året og de 7% utgjøre betydelig med antall timer. Fordel med styring av sone 2 og terskeløkter, er kontroll av intensitet slik at planlagt restitusjon inn mot harde/lette økter blir gode (ibid).

Under terskeltrening i løp er gjennomsnittet for hele gruppen på laktat og hjertefrekvens rundt refererende grenseverdier fra løpetest på tredemølle. Dette er gjeldene for både løpT og løpF (figur 3.2.4). Laktatkonsentrasjonen til forsøkspersonene under terskeløkter på løping ligger rundt gjennomsnittlig grenseverdi fra løpetest (figur 3.2.5). Det kommer frem at individuell terskel fra løpetest, ikke er tilstrekkelig under terskel trening på langrenn (figur 3.2.1 & 3.2.2). Ved utelukkende bruk av hjertefrekvens kan det tenkes at en ville underestimert intensiteten til langrennsløperne, hvor laktat kan være viktig støtte under trening.

Fordeler med intensitetsstyring kan være og skille mellom intensive- og lette økter (Borresen & Lambert, 2009; Seiler, 2010). Avgjørende faktor for prestasjon i utholdenhetsidretter og spesifikt langrenn er VO_{2max} . Diskusjonen angående intensitet er varierende, og enkelte studier hevder rundt 90% av maks hjertefrekvens er optimale for å stimulere til økt slagvolum som er vist til en faktor for økt VO_{2max} og forbedret utholdenhet (Helgerud et al., 2007). Andre mener at fysiologiske adaptasjoner som positivt påvirker utholdenheten kan også oppnås ved lavere intensitet og under anaerob terskel (Seiler, Jøranson, Olesen & Hetleid, 2013), som videre kan resultere i økt oksidativ enzym aktivitet, rekruttering av fiber type 1 og økt kapillærtetthet (Gollnick et al. 1982).

Forsøkspersonene gjennomgikk vanlig trening, hvor enkelte dager harde treninger å andre rolige. Blokktreningssprinsippet kunne vært tatt i bruk for ytterligere stimulering av hjertet og adaptasjon mot økt VO_{2max} (Rønnestad et al., 2014).

5. Begrensninger og styrker

I min studie ble eksperimentelt design valgt for å kunne se på effekter og forklare utvikling og hvorfor forsøkspersonene responderer som de gjorde. Studien ble gjennomført over flere måneder, og med begrenset tilgang til forsøkspersoner og frykt for frafall ble kontroll gruppe ikke inkludert i studien. Mangel på forsøkspersoner resulterte i ekskludering av kontrollgruppe i studien. Trener hadde ønske om full kontroll over trening og gjennomføring, noe som var helt forståelig og som medførte lavere påvirkningskraft fra vår side, og spesielt teknikkvalg under terskeløkter på langrenn.

Beskrivelse av stigning blir mangelfull, og tiltak ved hjelp av GPS eller andre verktøy burde vært testet i en pilotstudie. Gjennom litteraturstudie og arbeid med studien, er kunnskap om teknikk innen langrenn og hvordan dette påvirker laktat og hjerterefrekvens under arbeid. Siden kroppen responderer forskjellig med valg av teknikk og stigning, vil dette være av stor begrensning i studien.

Styrker ved studien er den praktiske gjennomføring å forsøk på implementering i feltet. Mye av forskningen som er gjennomført på langrennsløpere foregår i laboratorium. For å kunne gi trenere og utøvere verktøy for videre planlegging og gjennomføring av trening, kan det tenkes fokus på spesifikke tester.

6. Konklusjon

I foreliggende studie ble det funnet sterk signifikant forskjell i laktatverdier mellom løping og langrenn ($p < 0,007^{**}$). I langrenn brukes hele kroppen og fysiologiske egenskaper gir økt akkumulering av laktat på lavere hjerterefrekvens. Det var ingen signifikant forskjell mellom hjerterefrekvens mellom løp og langrenn (sign = 0,169). Det var trend til lavere hjerterefrekvens under langrenn sammenlignet med løping.

Gjennomsnittlig utvikling av VO_{2max} fra oktober 2013 til februar 2014 er på 1,34%.

Endringer i laveste og høyeste måling kan påvirke dette. Dette stemmer med annen forskning som tilsier liten til ingen fremgang gjennom sesong, hvor allerede høy akkumulert antall timer med trening foregår. Endringen i anaerob terskel for gruppen er -2,07%.

Svar på problemstilling: Måling av hjerterefrekvens og laktat på langrennsløpere under terskeltrening på ski, når refererende grenseverdier er satt på bakgrunn av løpetest på tredemølle, ble i denne studien ikke funnet reliabel.

Referanser

- Aasen, S., Frøynd, C., Madsen, Ø., Sæterdal, R., Tønnesen, E. & Wisnes, A. R. (2005). *Utholdenhet: Trening som gir resultater*. Oslo.: Akilles.
- Alam, M., Carling, K., Chen, R., & Liang, Y. (2013). How to determine the progression of young skiers. *CHANCE- War, Enmity, and Statistical Tables*, 13-19.
- Allen, D. G., Lamb, G.D., & Westerblad, H. (2008). Skeletal Muscle Fatigue: Cellular Mechanisms. *Physiol. Rev.*, 88, 287-332.
- Basset, D., & Howley, E. T. (1997). Maximal oxygen uptake: classical versus contemporary viewpoints. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 29, 591-603.
- Basset, D., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 32, 70-84.
- Bergh, U. (1982). *Physiology of cross-contry ski racing.*: Humant Kinetics.
- Bergh, U. (1987). The influence of body mass in cross-country skiing. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 19, 324-331.
- Bergh, U., & Fosberg, A. (1992). Influence of body mass on cross-country ski racing performance. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 24, 1033-1039.
- Bergh, U., Kanstrup, I. L., & Ekblom, B. (1976). Maximal oxygen uptake during exercise with various combinations of arm and leg work. *J. Appl. Physiol.*, 41, 191-196.
- Billat, L. V. (1996). Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for controll of training. *Sports med.*, 22.
- Birch, K., Maclaren, D., & George, K. . (2005). BIOS Scientific Publisher.
- Bishop, D. (2001). Evaluation of the accuport lactate analyser. *International Journal of Sport Medicine*, 22, 525-530.
- Björklund, G., Laaksonen, M.S., & Holmberg, H.C. (2011). Blood lactate recovery and respiratory responses during diagonal skiing of variable intensity. *European Journal of Sport Science*, 11, 317-326.
- Blomqvist, C. G., & Saltin, B. (1983). Cardiovascular adaptation to physical training *Ann. Rev. Physiol.*, 45, 169-189.
- Bojsen-Møller, J., Losnegard, T., Kemppainen, J., Viljanen, T., Kallioksoki, K, K., & Hallén, J. (2010). Muscle use during double poling evaluated by positron emission tomography. *Journal of Applied Physiology*, 109, 1895-1903.
- Borch, K. W., Ingjer, F., Larsen, S., & Tomten, S. E. . (1993). Rate of accumulation of blood lactate during graded exercise as a predictor of anaerobic threshold. *Journal of Sport Science*, 11, 49-55.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports med.*, 39, 779-795.
- Bouchard, C., Simoneau, J. A., Lortie, G., Boulay, M. R., Marcotte, M., & Thiabault, M. C. (1986). Genetic effects in human skeletal muscle fiber type distribution and enzyme activites. *Can. J. Appl. Physiol*, 64, 1245-1251.
- Broussouloux, O., Lac, G., & Robert, A. (1996). Evaluation of young cross-country skiers by running and roller-skiing tests. *Science & Sports*, 11, 120-123.
- Buckley, J. D., Bourdon, P.C., & Woolford, S.M. (2003). Effect of measuring blood lactate concentrations using different automated lactate analysers on blood lactate transition thresholds. *Journal of Science and Medicine*, 6, 408-421.
- Calbet, J. A., Holmberg, H-, C., Rosdahl, H., Van Hall, G., Urstad, J-, M., & Saltin, B. (2005). Why do arms extract less oxygen than legs during exercise? *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 289, 1448-1458.

- Calbet, J. A., Jensen, U. M., Van Hall, G., Homberg, H. C., Rosdahl, H., & Saltin, B. (2004). Maximal muscular vascular conductances during whole body upright in humans. *J. Physiol.*, 319-331.
- Campbell, C. J., Bonen, A., Kirby, R. L., & Belcastro, A. N. (1976). Muscle fiber composition and performance capacities of women. *med. Sci. Sports.*, 11, 260-265.
- Cooper, D. M., Rawell, D. W., Whipp, B. J., & Wassermann. (1984). Aerobic parameters of exercise as a function of body size during growth in children. *J. Appl. Physiol.*, 56, 628-634.
- Costill, D. L. (1967). The relationship between physiological variables and distance running performance. *J. Sport. Med. Phys. Fitness*, 7, 61-63.
- Costill, D. L. (1976). The relationship between selected physiological variables and distance running performance. *J. Sport. Med. Phys. Fitness*, 7, 610-616.
- Coyle, E. F. (1999). Physiological determinants of endurance exercise performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2, 181-189.
- Dassonville, J., Bellot, J., Lessard, Y., et al. (1998). Blood lactate concentration during exercise: effect of sampling site and exercise mode. *Phys. Fitness*, 38, 39-46.
- Dennis, S. C., & Noakes, T. D. (1992). Ventilation and blood lactate increase exponentially during incremental exercise. *Journal of Sports Sciences*, 10, 437-449.
- Dill, D. B., Frank, M. H., & Edwards, H. T. (1930). Response of several individuals to a fixed task. *J. Physiol.*, 69, 267-305.
- Ekblom, B., & Hermansen, L. (1968). Cardiac output in athletes. *J. Appl. Physiol.*, 25, 619-625.
- Farrell, P. A., Wilmore, J., Coyle, E., Billing, J., & Costill, D. (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *med. Sci. Sports.*, 11, 338-344.
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate Threshold Concepts How Valid are They? *Sports med.*, 39, 469-490.
- Finn, J., Gastin, P., Withers, R., & Green, S. (2000). Estimation of peak power and anaerobic capacity of athletes. In C. J. Gore (Ed.), *Physiological tests for elite athletes*: Australian Sport Commission.
- Garcin, M., Fleury, A., Ansart, N., Hamard, L.M., & Billat, V. (2006). Training Content and Potential Impact on Performance: A Comparison of Young Male and Female Endurance- Trained Runners. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 77, 351-361.
- Gaskill, S. E., Serfass, R. C., & Rundell, K. W. (1999). Upper body power comparison between groups of cross-country skiers and runners. *International Journal of Sports Medicine*, 20, 290-294.
- Gollnick, P. D., Armstrong, R. B., Saltin, B., Saubert, C. W., Sembrowich, W., & Shepherd, R. E. (1973). Effect of training on enzyme activity and fiber composition of human muscle. *J. Appl. Physiol.*, 34, 107-111.
- Gollnick, P. D., Armstrong, R. B., Saubert, K., Piehl, K., & Saltin, B. (1972). Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. *J. Appl. Physiol.*, 33, 312-319.
- Gregory, L. W. (1979). The development of aerobic capacity: a comparison of continuous and interval training. *Research Quarterly*, 63, 101-107.
- Hallén, J. (2004). Det maksimale oksygenopptaketets betydning i utholdenhetsidretter. In L. I. Tjelta, & Enoksen, E. (Ed.), *Utholdenhets trening: Løping, Sykling, Langrenn*. Kristiansand Høyskoleforlaget AS.
- Hartmann, U. (2011). Importance of the lactate parameter for performance diagnosis and for the regulation of training in top competition athletics and in recreational sports. In A.

- Lindner (Ed.), *Applied equine nutrition and training* (pp. 91-111): Wageningen Academic Publisher.
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjort, N., Bach, R., & Hoff, J. (2007). Aerobic High-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, *39*, 665-671.
- Henriksson, J., & Reitman, J. S. (1976). Quantitative measures of enzyme activities in type I and type II muscle fibres of man after training. *Acta Physiologica Scandinavica*, *97*, 392-397.
- Henritze, J., Weltman, A., Schurrer, R.L., & Barlow, K. (1985). Effects of training at and above the lactate threshold on the lactate threshold and maximal oxygen uptake. *Euro. J. Appl. Physiol.*, *54*, 84-88.
- Hoffman, M. D., & Clifford, P. (1992). Physiological aspects of competitive cross-country skiing. *Journal of Sport Sciences*, *10*, 3-27.
- Holloszy, J. O., & Coyle, E. (1984). Adaptation of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J. Appl. Physiol: Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, 831-838.
- Holmberg, H.-C., & Nilsson, J. (2008). Reliability and validity of a new double poling ergometer for cross-country skiers. *Journal of Sports Sciences*, *26*, 171-179.
- Holmberg, H.-C., Lindinger, S., Stöggl, T., Eitzlmair, E., & Müller, E. (2005). Biomechanical analysis of double poling elite cross-country skiers. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, *37*(807-818).
- Ingjer, F. (1991). Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and men elite cross-country skiers. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, *1*, 25-20.
- Ingjer, F. (1992). Development of maximal oxygen uptake in young elite male cross-country skiers: a longitudinal study. *Journal of Sport Science*, *10*, 49-63.
- Ivy, J. L., Withers, R. T., Van Handel, P. J., Elger, D. H., & Costill, D. (1980). Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of lactate threshold. *J. Appl. Physiol.*, *48*, 523-527.
- Johannessen, A., Christoffersen, L., & Tufte, P. A. (2011). *Forskningsmetode for økonomisk-administrative fag*. (3. utgave ed.). Oslo: Abstrakt forlag.
- Jones, A. M., & Doust, J. H. (1998). The validity of lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, *30*, 1304-1313.
- Komi, P. V., Vitasalo, J., Havu, M., Thorstensson, A., Sjöin, B., & Karlson, J. (1977). Skeletal muscle fibres and enzyme activities in monozygous and dizygous twins of both sexes. *Acta Physiologica Scandinavica*, *100*, 385-392.
- Kvamme, B., Jakobsen, V., Hetland, S., & Smith, G. (2005). Ski skating technique and physiological responses across slopes and speed. *Euro. J. Appl. Physiol.*, *95*, 205-212.
- Larson, A. J. (2006). Variations in heart rate at blood lactate threshold due to exercise mode in elite cross-country skiers. *J. Strength Cond. Res*, *20*, 855-860.
- Losnegard, T. (2013). *Physiological determinants of performance in modern elite cross-country skiing*. (PhD degree).
- Losnegard, T., & Hallén, J. (2014a). Elite cross-country skiers do not reach their running VO₂max during roller ski skating. *J. Sport. Med. Phys. Fitness*, *54*, 389-393.
- Losnegard, T., & Hallén, J. (2014b). Physiological differences between sprint- and distance-specialized cross-country skiers. *J. Sport. Med. Phys. Fitness*, *9*, 25-31.
- Losnegard, T., Myklebust, H., & Hallén, J. (2012a). Anaerobic capacity as a determinant of performance in sprint skiing. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, *44*, 673-681.
- Losnegard, T., Myklebust, H., & Hallén, J. (2012b). No differences in O₂-cost between V1 and V2 skating techniques during treadmill roller skiing at moderate to steep inclines. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*, 1340-1347.

- Losnegard, T., Myklebust, H., Spencer, M., & Hallén, J. (2013). Seasonal variations in VO₂max, O₂-cost, O₂-deficit and performance in elite cross-country skiers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *27*, 1780-1790.
- Midgley, A. W., McNaughton, L.R., & Wilkinson, M. (2006). Is there an Optimal Training Intensity for Enhancing the Maximal Oxygen Uptake of Distance Runners? *Sports med.*, *36*, 117-132.
- Mirwald, R. L., Bailey, D. A., Cameron, N., & Rassmussen, R. L. (1981). Longitudinal comparison of aerobic power in active and inactive boys aged 7.0 to 17.0 years. *Ann. Hum. Biol.*, *8*, 405-414.
- Murase, Y., Kobayashi, K., Kamei, S., & Matsui, H. (1981). Longitudinal study of aerobic power in superior junior athletes. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, *13*, 180-184.
- Mygind, E., Larsson, B., & Klausen, T. (1991). Evaluation of a specific test in cross-country skiing. *Journal of Sports Science*, *9*, 249-257.
- Maassen, N., & Busse, M.W. (1989). The relationship between lactic acid and work load: a measure for endurance capacity or an indicator of carbohydrate deficiency? *Euro. J. Appl. Physiol.*, *58*, 728-737.
- Niinimaa, V., Shephard, R. J., & Dyon, M. (1990). Determination of performance and mechanical efficiency in nordic skiing. *British Journal of Sports Medicine*, *13*, 62-65.
- Noakes, T. D. (1997). Challenging beliefs: ex Africa semper aliquid novi. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, *29*, 571-590.
- Noakes, T. D., Lambert, M.I., & Gleeson, M. (1998). Heart rate monitoring and exercise: Challenges for the future. *Journal of Sports Sciences*, *16*, 105-106.
- Rowland, T. W. (1990). Developmental aspects of physiological function relating to aerobic exercise in children. *Sports med.*, *10*, 255-266.
- Rundell, K. W. (1996). Differences between treadmill running and treadmill roller skiing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *10*, 167-172.
- Rundell, K. W., & Bacharach, D. W. (1995). Physiological characteristics and performance of top U.S biathletes. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, *27*, 281-287.
- Rusko, H. K. (1987a). The effect of training on aerobic power characteristics of young cross-country skiers. *Journal of Sports. Sci.*, *5*, 273-286.
- Rusko, H. K. (1987b). The effects of training on aerobic power characteristics of young cross-country skiers. *Journal of Sports. Sci.*, *5*, 273-286.
- Rusko, H. K. (1992). Development of aerobic power in relation to age and training in cross-country skiers. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, *24*, 1040-1047.
- Rusko, H. K. (2003). Physiology of cross country skiing. In H. K. Rusko (Ed.), *Handbook of sports medicine and science - cross country skiing* (pp. 1-31): Blackwell.
- Rusko, H. K., Rahkila, P., & Karvinen, E. (1980). Anaerobic threshold, skeletal muscle enzymes and fiber composition in young female cross-country skiers. *Acta Physiologica Scandinavica*, *108*, 263-268.
- Rønnestad, B., Hansen, J., & Ellefsen, S. (2014). Block periodization of high-intensity aerobic intervals provides superior training effects in trained cyclist. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, *24*, 34-42.
- Saltin, B., & Rowell, L. B. (1980). Functional adaptation to physical activity and inactivity. *Fed. Proc.*, *39*, 1506-1513.
- Saltin, B., Blomqvist, G., & Mitchell, J. H. (1968). Response to exercise after bed rest and after training: a longitudinal study of adaptive changes in oxygen transport and body composition *Circulation*, *38*, 1-78.
- Saltin, B., Nazar, K., Costill, D. L., Jansson, S. E., & Gollnick, B. (1976). The nature of the training response: peripheral and central adaptation of one legged exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, *96*, 289-305.

- Sandbakk, Ø., Welde, B., & Holmberg, H.C. (2011). Endurance training and sprint performance in elite junior cross-country skiers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 1299-1305.
- Schantz, P. (1982). Plasticity of human skeletal muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*, 558.
- Seiler, K. S., & Kjerland, G.Ø. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution? *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 16, 49-56.
- Seiler, K. S., & Sjørnsen, J. E. (2004). Effect of work duration on physiology and rating scale of perceived exertion responses during self-paced interval training *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 14, 318-325.
- Seiler, S. (2010). What is best practice for training intensity and duration on endurance athletes? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5, 276-291.
- Seiler, S., Jøranson, K., Olesen, B.V., & Hetleid, K.J. (2013). Adaptions to aerobic interval training: interactive effects of exercise intensity and total work duration. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 23, 74-83.
- Silverman, D. (2004). *Qualitative research: theory, method and practice*. London: Sage.
- Stromme, S. B., Ingjer, F., & Meen, H. D. (1977). Assessment of maximal aerobic power in specifically trained athletes. *Journal of Applied Physiology*, 42, 833-837.
- Stöggl, T., Lindinger, S., & Müller, E. (2007). Analysis of a simulated sprint competition in classical cross country skiing. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 17, 362-372.
- Svedahl, K., & MacIntosh, B. R. (2003). Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can. J. Appl. Physiol*, 28, 299-323.
- Swart, J., & Jennings, C. L. (2004). Use of blood lactate concentration as a marker of training status. *Sports med.*, 16, 3-7.
- Takeshima, N., Tanaka, K., Kobayashi, F., Watanabe, T., & Kato, T. (1993). Effects of aerobic exercise conditioning at intensities corresponding to lactate threshold in the elderly. *Euro. J. Appl. Physiol.*, 67, 138-143.
- Tanner, R. K., Fuller, K. L., & Ross, M. L. (2010). Evaluation of three portable blood lactate analysers: Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. *Euro. J. Appl. Physiol.*, 109, 551-559.
- Tenenbaum, G., & Driscoll, M. (2005). *Methods of Research in Sport Sciences: Quantitative and Qualitative Approaches*.: Meyer & Meyer sport.
- Tjelta, L. I., & Enoksen, E. (2010). Training characteristics of male junior cross country and track runners on european top level. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 5, 193-203.
- Vergés, S., Flore, P., & Favre-Juvin, A. (2003). Blood lactate concentration / heart rate relationship: laboratory running test vs. field roller skiing test. *International Journal of Sports Medicine*, 24, 446-451.
- Vestrienen, J., Mikkola, J., Nummela, A., Hynynen, E., & Häkkinen, K., . (2009). Fatigue in a simulated cross-country skiing sprint competition. *Journal of Sports Sciences*, 27, 1069-1077.
- Wagner, P. D. (1991). Central and peripheral aspects of oxygen transport and adaptations with exercise. *Sports med.*, 11, 133-142.
- Wasserman, K. (1984). The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. *The American Review of Respiratory Disease*, 129, 35-40.
- Wassermann, K., & McIlroy, M. B. (1964). Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am. J. Cardiol.*, 14, 844-852.
- Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Kenny, W. L. (2008). The cardiovascular system and its control *Physiology of Sport and Exercise* (pp. 121-141): Human Kinetics.

- Withers, R. T. (1977). Anaerobic work at submaximal relative workloads in subjects of high and medium fitness. *J. Sport. Med. Phys. Fitness*, 17, 17-24.
- Withers, R. T., Sherman, W.M., Miller, J.M., & Costill, D.L. (1981). Specificity of the Anaerobic Threshold in Endurance Trained Cyclists and Runners. *Euro. J. Appl. Physiol.*, 47, 93-104.
- Zauner, C. W., Maksud, M. G., & Melichna, J. (1989). Physiological considerations in training young athletes *Sports med.*, 8, 15-31.
- Åstrand, P. O., & Rodahl, K. (2003). *Textbook of work physiology: Physiological bases of exercise.*: Human Kinetics.
- Åstrand, P. O., & Saltin, B. (1961). Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. *J. Appl. Physiol.*, 16, 977-981.

Vedlegg 1 Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt

”Intensitetsstyring i langrenn”

Bakgrunn og hensikt

Detter er et spørsmål til deg om å delta i en forskningsstudie, hvor vi skal se på om intensitetsstyring i langrenn har noen effekt på mental tøffhet. I tillegg til den mentale tøffheten ønsker vi å se på hvilken effekt intensitetsstyringen har på fysiske faktorer for prestasjon i langrenn. Vi er derfor interessert i deg som langrennsløper, og har vært i kontakt med trener om godkjenning av samarbeid med klubben og utøvere som ønsker det.

Hva innebærer studien?

Deltagerne skal gjennom intervju som skal gi et bilde på hva som er gjort av tidligere trening. Videre vil deltagerne få utdelt spørreskjema som avdekker teamet mentaltøffhet. Og til slutt skal deltagerne gjennomføre en laktat- og VO₂max test, som gir konkrete data av deltagerens fysiologiske kapasitet. Det blir tre runder med testing, første runde 3.oktober (intervju/ mental tøffhet noen dager før), andre runde 3.desember og tredje og siste 3.februar.

Når forskningsprosjektet er i gang vil vi (forskerne) stille med pulsbelter/klokker som vi samler inn hver uke for avlesning av data. Og gitt tilbake før neste ukes trening. Under prosjektet ønsker vi og gjennomføre ”intensitetsstyring,” som vil være testing av laktat under 2 treninger hver uke (rolig langkjøring- og intervalløkt). All deltakelse er frivillig, og man kan når som helst under prosjektet trekke seg som deltaker.

Mulige fordeler og ulemper

Med intensjonen til og fremme deltakerens fysiske kapasitet og prestasjon innen langrenn, ser vi stor fordel med deltagelse i dette prosjektet.

Hva skjer med informasjonen om deg?

Tre runder med testing og innhenting av informasjoner gjennom spørreskjema og intervju, samt to ganger ukentlig laktat testing, vil gi betydelig med data og informasjon om prosjektet og perioden. Alle opplysningene som registreres om deltageren skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Behandlingen av dataen og resultatene vil bli behandlet anonymt slik at ikke det kan spores tilbake til deltaker. Det er kun personer tilknyttet prosjektet som har adgang til navneliste og som kan finne tilbake til deg. Den innsamlede dataen vil ikke bli brukt til andre formål.

Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta i studien. Du kan når som helst, og uten å oppgi noen grunn for å trekke din samtykke til å delta. Dersom du ønsker å delta, undertegner du (og foresatte, hvis under 18år) samtykkeerklæringen på siste side. Om du nå sier ja til å delta, kan du senere trekke tilbake ditt samtykke. Dersom du ønsker og trekke deg eller har spørsmål angående studiet, kan du kontakte Prosjektleder/Førstelektor Stein Rodalh på telefonnummer: 755 17 933 (jobb) eller 948 71 733 (mobil).

Vedlegg 2 Samtykkeskjema
Samtykke til deltakelse i studien: intensitetsstyring i
langrenn (oktober 2013-februar 2014)

Jeg ønsker å delta i studien

(signert av deltaker, dato. Foresatte signerer under om deltaker er under 18år)

Jeg gir tillatelse om deltakelse for.....

(Foresattes underskrifte og godkjenning av deltakelse, dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

(Masterstudentene/prosjektlederne, dato)

Spørsmål angående prosjektet:
Elias Solheim 911 39 337 (Masterstudent)
Stian Sørmo 917 63 263 (Masterstudent)
Stein Rodalh 948 71 733 (Førstelektor/veileder)

Vedlegg 3 Godkjenning fra Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste

Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS
NORWEGIAN SOCIAL SCIENCE DATA SERVICES



Harald Hårfagres gate 29
N-5007 Bergen
Norway
Tel: +47-55 58 21 17
Fax: +47-55 58 96 50
nsd@nsd.uib.no
www.nsd.uib.no
Org.nr 985 321 884

Stein Rodahl
Profesjonshøgskolen Universitetet i Nordland
Postboks 1490
8049 BODØ

Vår dato: 10.10.2013

Vår ref: 35559 / 2 / LMR

Deres dato:

Deres ref:

TILBAKEMELDING PÅ MELDING OM BEHANDLING AV PERSONOPPLYSNINGER

Vi viser til melding om behandling av personopplysninger, mottatt 19.09.2013. Meldingen gjelder prosjektet:

35559	<i>Intensitetsstyring i langrenn</i>
<i>Behandlingsansvarlig</i>	<i>Universitetet i Nordland, ved institusjonens øverste leder</i>
<i>Daglig ansvarlig</i>	<i>Stein Rodahl</i>
<i>Student</i>	<i>Elias Solheim</i>

Personvernombudet har vurdert prosjektet, og finner at behandlingen av personopplysninger vil være regulert av § 7-27 i personopplysningsforskriften. Personvernombudet tilrår at prosjektet gjennomføres.

Personvernombudets tilråding forutsetter at prosjektet gjennomføres i tråd med opplysningene gitt i meldeskjemaet, korrespondanse med ombudet, ombudets kommentarer samt personopplysningsloven og helseregisterloven med forskrifter. Behandlingen av personopplysninger kan settes i gang.

Det gjøres oppmerksom på at det skal gis ny melding dersom behandlingen endres i forhold til de opplysninger som ligger til grunn for personvernombudets vurdering. Endringsmeldinger gis via et eget skjema, <http://www.nsd.uib.no/personvern/meldeplikt/skjema.html>. Det skal også gis melding etter tre år dersom prosjektet fortsatt pågår. Meldinger skal skje skriftlig til ombudet.

Personvernombudet har lagt ut opplysninger om prosjektet i en offentlig database, <http://pvo.nsd.no/prosjekt>.

Personvernombudet vil ved prosjektets avslutning, 10.02.2014, rette en henvendelse angående status for behandlingene av personopplysninger.

Vennlig hilsen

Vigdis Namtvedt Kvalheim

Linn-Merethe Rød

Kontaktperson: Linn-Merethe Rød tlf: 55 58 89 11

Vedlegg: Prosjektvurdering

Kopi: Elias Solheim tranebærveien 15 8026 BODØ

Dokumentet er elektronisk produsert og godkjent ved NSDs rutiner for elektronisk godkjenning.

Avdelingskontorer / District Offices

*OSLO: NSD, Universitetet i Oslo, Postboks 1055 Blindern, 0316 Oslo. Tel: +47-22 85 52 11. nsd@uio.no
TRONDHEIM: NSD, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 7491 Trondheim. Tel: +47-73 59 19 07. kyrr.svarva@svt.ntnu.no
TROMSØ: NSD, SVF, Universitetet i Tromsø, 9037 Tromsø. Tel: +47-77 64 43 36. nsdmsa@svt.ut.no*

Vedlegg 4 Oversikt over forskningsprosess og gjennomføring

Hva	Mai 2013-	Aug. 2013	Sep. 2013	Okt. 2013	Nov. 2013	Des. 2013	Jan. 2014	Feb. 2014
Tilvenning/ (Fysiologiske tester)	X							
Planlegging av prosjekt		X	X					
Kontakt idrettslag			X					
Kontakt med utøvere – presentasjon av prosjekt			X					
Styrketester				X		X		X
AT test								
VO2max test				X		X		X
Kvalitativ metode- intervju og spørreskjema				X		X		X
Analyser av økter (HR og La)/ oppfølging				X	X	X	X	X
Datainnsamling under trening				X	X	X	X	X