

Per Ola Gasmann

Effekter av åtte ukers aerob utholdenshetstrening under anaerob terskel på prestasjonsevne, maksimalt oksygenopptak, utnyttingsgrad og arbeidsøkonomi hos godt trente mannlige langrennsutøvere

Masteroppgave i idrettsvitenskap
Seksjon for fysisk prestasjonsevne
Norges idrettshøgskole, 2012

Sammendrag

Hensikt: Denne åtte ukers studien hadde til hensikt å studere effekten av trening under anaerob terskel (AT) på prestasjonsevne, maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}), utnyttingsgrad og arbeidsøkonomi ved bruk av rulleski skøyting hos godt trente mannlige langrennsutøvere.

Metode: Det ble rekruttert 13 mannlige godt trente langrennsutøvere i alderen 19-24 år med en VO_{2maks} med et gjennomsnitt på $71,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Forsøkspersonene (FP) var aktive langrennsutøvere og deltok i nasjonale langrennskurranser. FP ble delt (ikke randomisert) i to grupper: 1) Treningsgruppe (N=7), tre intervensjonsøkter i intensitetssone 3 (6*10 minutter 82-86 % HF_{peak} /68-73 % VO_{2maks}) per uke over åtte uker i bevegelsesformen rulleski skøyting. Resterende utholdenhetstrening i treningsgruppen var på en treningsintensitet som tilsvarte 60-82 % HF_{peak} , og treningsvolum totalt skulle være som normalt i denne perioden av året (juni til august), det vil si cirka 15 timer trening per uke. 2) Kontrollgruppe (N=6). FP i kontrollgruppen trente som normalt gjennom hele studiet, det vil si cirka 15 timer trening per uke med 90 prosent på en arbeidsintensitet som tilsvarte 60-82 % HF_{peak} og 10 prosent på en arbeidsintensitet som tilsvarte 84-100 % HF_{peak} .

Resultat: Det ble funnet en signifikant økning i prestasjonsevnen fra pretest til posttest, gitt som tid til utmattelse i treningsgruppen ved rulleski skøyting på 22,7 % ($p < 0,01$), og ved løp på 20,4 % ($p < 0,05$). Økningen av prestasjonsevne i treningsgruppen var signifikant forskjellig fra endringen i kontrollgruppen som var på 6,1 % ved rulleski skøyting ($p < 0,01$) og på - 6,4 % ved løp ($p < 0,01$). Utnyttingsgraden (% VO_{2maks}) ved beregnet AT ved rulleski skøyting økte signifikant i treningsgruppen med 7,4 % ($p < 0,05$), og denne økningen var signifikant forskjellig fra endringen i kontrollgruppa som var på -0,6 % ($p < 0,01$). Det ble ikke funnet noen signifikante endringer av VO_{2maks} og arbeidsøkonomi i treningsgruppen eller i kontrollgruppen. Det ble funnet en signifikant økning i hastighet ved AT (vAT) i treningsgruppen ($p < 0,01$), og denne økningen i vAT i treningsgruppen på 13,1 % var signifikant større enn endringa i vAT i kontrollgruppen som var på -2,3 % ($p < 0,01$).

Konklusjon: Funnene i denne studien viser at utholdenhetstrening under AT med 60 minutter i intensitetszone 3 (81-86 % HF_{peak} /68-73 % VO_{2maks}) tre ganger per uke sammen med langkjøringsøkter (45 minutter til 5 timer) i intensitetszone 1 og 2 (60-81 % HF_{peak}) gir en positiv effekt på prestasjonsevnen hos godt trente mannlige langrennsutøvere. Videre kan det se ut som en forbedring av prestasjonsevnen først og fremst kommer som en følge av en forbedret utnyttingsgrad. Det kan også se ut som VO_{2maks} og arbeidsøkonomi hos godt trente mannlige langrennsutøvere ikke blir påvirket noe vesentlig av utholdenhetstrening under AT i løpet av en periode på kun åtte uker.

Innhold

Sammendrag	3
Innhold.....	5
Forord.....	7
1. Innledning.....	8
2. Teori.....	10
2.1 Prestasjonsevnen i utholdenhetssidretter.....	10
2.2 Maksimalt oksygenopptak.....	11
2.2.1 Begrensninger for VO_{2maks}	12
2.3 Utnyttingsgrad	16
2.4 Arbeidsøkonomi.....	18
2.5 Anaerob terskel.....	20
2.6 Inten sitetsskala.....	21
2.7 Fysiologiske påvirkninger på de forskjellige intensitetssonene	22
3. Metode	24
3.1 Forsøkspersoner.....	24
3.1.1 Inklusjonskriterier	25
3.1.2 Eksklusjonskriterier.....	25
3.1.3 Ekskluderinger i forsøket	25
3.2 Design av studie.....	26
3.2.1 Tilvenning	26
3.2.2 Pretesting	26
3.2.3 Treningsregime	26
3.2.4 Posttesting	26
3.3 Tester.....	27
3.3.1 Variabler som ble målt under testene	27
3.3.2 Målemetoder.....	27
3.3.3 Testprosedyrer	28
3.4 Treningsregime	30
3.4.1 Treningsgruppe	31
3.4.2 Kontrollgruppe	32
3.5 Bearbeidelse av data.....	32
3.6 Statistikk.....	33

4.	Resultater	34
4.1	Prestasjonsevne	34
4.2	Maksimalt oksygenopptak.....	36
4.3	Utnyttingsgrad	37
4.4	Arbeidsøkonomi.....	38
4.5	Anaerob terskel.....	39
4.6	Gjennomført trening	40
5.	Diskusjon.....	42
5.1	Prestasjonsevne	42
5.2	Maksimalt oksygenopptak.....	44
5.3	Utnyttingsgrad	46
5.4	Arbeidsøkonomi.....	47
5.5	Hastighet ved AT.....	48
5.6	Begrensninger i studiet.....	49
6.	Konklusjon	50
	Referanser	51
	Vedlegg	58

Forord

Arbeidet med masteroppgaven har vært en veldig lang, krevende og lærerik prosess. Jeg har lært mye om forskning, fysiologisk testing og hvordan man gjennomfører et treningsforsøk. Jeg har observert og lært en god del om trening innenfor aerobe utholdenhetsidretter, noe som jeg kan ta med videre i trenerjobben min for unge og talentfulle langrennsutøvere.

I arbeidet med min masteroppgave har jeg vært avhengig av hjelp og innspill. Jeg vil takke alle sammen som har bidratt til at jeg har fått gjort ferdig masteroppgaven. Tusen takk til:

Veileder og professor Frank Ingjer for utmerket veiledning og mange gode innspill. Takk for at du har vært tålmodig og har stilt opp for meg i forbindelse med min masteroppgave.

Erlend Hem for opplæring i og testing av VO_{2maks}

Vidar Jakobsen for hjelp under testing og opplæring i styring av rullekimølla.

Thomas Losnegaard for gode innspill og hjelp.

Deltakere i studien. Uten dere ville det ikke vært mulig å gjennomføre forsøket.

Kollegaer på jobb som har stilt opp og gitt meg muligheten til å gjøre ferdig masteroppgaven.

Min samboer, Mari for tålmodighet og støtte underveis, og da spesielt i den siste hektiske slutfasen med masteroppgaven.

Per Ola Gasmann

Lillehammer, mai 2012

1. Innledning

Langrenn er en av de idretter hvor det legges ned et stort antall treningstimer for å oppnå topp resultater. Gode juniorer trener gjerne mer enn 600 timer i året, mens de aller beste seniorene legger ned om lag 850 timer trening i løpet av et år (Rusko, 2003; Seiler & Tønnesen, 2009). I de mest krevende treningsmånedene kan det trenes over 100 timer per måned.

I tidligere studier hvor det har blitt benyttet mange forsøkspersoner og varierende prestasjonsnivå er det blitt rapportert en god sammenheng mellom VO_{2maks} og prestasjonen i idretter som stiller store krav til den aerobe utholdenheten (Saltin & Astrand, 1967; Sjodin & Svedenhag, 1985; di Prampero, Atchou, Brueckner & Moia, 1986; Bosquet, Leger & Legros, 2002).

Resultater fra tidligere studier har vist at en god metode for å øke det maksimale oksygenopptaket er å trene på et ganske høyt intensitetsnivå (Wenger & Bell, 1986; Helgerud et al., 2007). Det vil si en treningsintensitet som er over 90 % av VO_{2maks} . Flere av disse studiene er belemret med ganske spesielle forsøksoppsett og verdien av resultatene fra disse studiene er begrenset og bør benyttes med noe forsiktighet. Det bør således nevnes at flere av disse studiene er gjennomført på bare utrente eller mindre godt trente personer og forsøkene har ofte vart bare en relativ kort periode (fire til tolv uker). Intervensjonsøktene har ofte blitt gjennomført utelukkende på en tredemølle i et laboratorium der forsøkspersonene har blitt overvåket og kontrollert gjennom alle treningsøktene, og således på alle måter fått hjelp og veiledning gjennom alle treningsøktene. Alle disse forhold gjør at man bør være forsiktig med å dra generelle og vidtrekkende konklusjoner ut fra disse studiene, men kun vurdere resultatene ut fra de betingelser og forutsetninger som hvert arbeid er basert på. Dessverre har raske, lite faglige og relevante vurderinger og konklusjoner publisert av journalister/presse, ikke alltid vært med på å formidle resultater/konklusjoner fra disse arbeidene uten å ta i betraktning begrensninger, svakheter og mangler som nevnt ovenfor. Ut ifra dette vil mulighetene for å trekke forhastede og feilaktige konklusjoner, og så sette disse ganske kritikkfritt ut i praktisk trening være tilstede.

Det finnes få arbeid som har hatt til hensikt å belyse hva som er god eller den mest effektive treningen av den aerobe utholdenheten på treningsgrupper med forskjellig utholdenhetsnivå, og som har benyttet en varighet av treningen på minst noen måneder, og ikke bare de fire til åtte uker med trening som vanligvis har blitt benyttet i tidligere studier (f.eks. Acevedo & Goldfarb, 2008; Helgerud et al. 2007; Seiler, Jøranson, Olesen & Hetlelid, 2011).

Langrennsutøvere på et høyt prestasjonsnivå gjennomfører normalt jevnlig testing av det maksimale oksygenopptaket og flere andre parametere. Disse utøverne har ofte målt sine høyeste VO_{2maks} -verdier sent på høsten (Ingjer, personlig meddelt, 2012), det vil si på slutten av ressursperioden for langrennsutøvere. I ressursperioden anbefaler Aasen et al. (2005) at mesteparten av treningen skal være på en relativ lav treningsintensitet, og at de fleste høyintensive treningsøktene i denne perioden bør være i de intensitetssonene som er under anaerob terskel. Aasen et al. (2005) sin anbefaling er gitt på grunnlag av de erfaringene som har blitt gjort på hvordan mange av de beste utholdenhetsutøverne har trent gjennom flere år og trener nå.

Det er gjennomført en del studier som har hatt til hensikt å studere/belyse hvordan trening på og over anaerob terskel påvirker det maksimale oksygenopptaket og andre parametere. På den annen side finnes det bare noen få tidligere arbeider som har studert eventuelle effekter av utholdenhets trening med kun bruk av treningsintensitet under anaerob terskel (under 85 % av VO_{2maks}) (f.eks. Helgerud et al, 2007; Ingham, Carter, Whyte, Doust, 2008; Seiler et al., 2011). Resultatene fra disse studiene varierer en del. Det er ut fra dette fortsatt et behov for nye studier som kan studere/belyse effekter av aerob utholdenhets trening på blant annet VO_{2maks} og prestasjonsevnen etter en treningsperiode hos godt utholdenhetsrente utøvere, og hvor treningsintensiteten har vært hovedsakelig under eller opp mot anaerob terskel.

På bakgrunn av det som er beskrevet ovenfor har det foreliggende arbeid hatt til hensikt å undersøke/belyse:

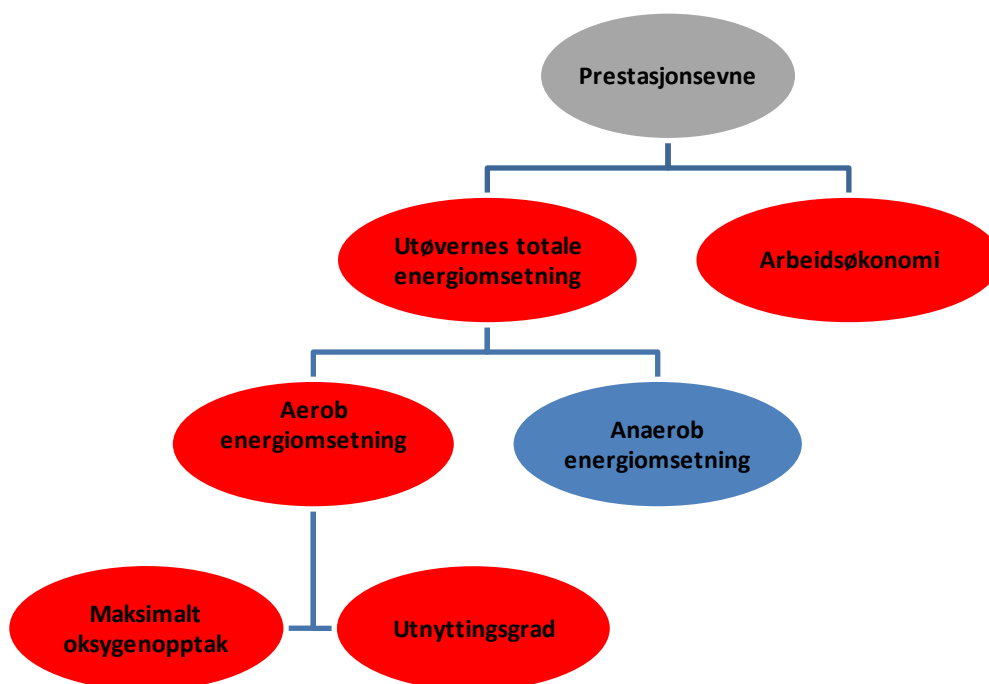
Vil åtte uker med trening på intensitet kun under anaerob terskel medføre en forbedring av prestasjonsevnen, VO_{2maks} , utnyttingsgraden og/eller arbeidsøkonomien hos mannlige godt trente langrennsutøvere i alderen 19-24 år.

2. Teori

Teorikapitlet vil hovedsakelig handle om fysiologiske faktorer som påvirker prestasjonsevnen innen idretter som stiller store krav til den aerobe utholdenheten.

2.1 Prestasjonsevnen i utholdenhetsidretter

Prestasjonen i utholdenhetsidretter blir hovedsakelig bestemt av hvor mye energi man kan omsette, og hvor effektivt denne energien anvendes (di Prampero, 2003; Joyner & Coyle, 2008). Dette kapitlet vil derfor ha hovedfokus på den aerobe energiomsetningen (det maksimale oksygenopptaket og utnyttingsgraden) og arbeidsøkonomien, ettersom det er hovedsakelig disse fysiologiske faktorene som bestemmer prestasjonsevnen i idretter som har en konkurransetid fra 10 min og oppover (Bassett & Howley, 2000; Hallén, 2002b; Joyner & Coyle, 2008).



Figur 2.1: Faktorer som er av stor betydning og er med på å bestemme utøverens prestasjon i typiske aerobe utholdenhetsidretter (Noe modifisert etter Aasen, Frøyd, Madsen, Sæterdal, Tønnesen & Wisnes, 2005; Hallén, 2002a).

2.2 **Maksimalt oksygenopptak**

Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}) blir definert som det høyeste oksygenopptaket som oppnås i et maksimalt dynamisk arbeid med store muskelgrupper, der oksygenopptaket fortsatt ikke stiger ved en fortsatt økning av belastning (Bassett & Howley, 2000).

VO_{2maks} representerer en svært viktig referanseverdi for en persons aerobe prestasjonsevne (Bassett & Howley, 2000). I et arbeid av Åstrand & Rodahl (1967) ble VO_{2maks} studert på eliteutøvere innen flere utholdenhetsidretter, og de fant at det var en god korrelasjon mellom VO_{2maks} og prestasjonsevne. Tilsvarende funn er også blitt rapportert fra andre studier (Ingjer, 1991; Moser, Gjerset, Johansen & Vadder, 1995) og VO_{2maks} vurderes derfor av mange som den viktigste enkeltfaktoren for prestasjonen innenfor utholdenhetsidretter (di Prampero et al., 1986; Bosquet et al, 2002; Hallen, 2004).

Fick's ligning beskriver de overordnede faktorene som er med på å bestemme/utgjøre VO_{2maks} (McArdle, Katch & Katch, 2007). Fick's ligning er gitt som:

$VO_{2maks} = \text{Minuttvolum}_{maks} \cdot a-vO_2 \text{ differanse}_{maks}$. Minuttvolum er mengden blod hjertet pumper ut per minutt og er et produkt av slagvolumet og hjertefrekvensen. $A-vO_2$ differansen er forskjellen mellom arterielt og blandet venøst blod.

VO_{2maks} måles oftest med en indirekte metode der man bruker en analysator som registrerer det prosentvise innholdet av O_2 og CO_2 i ekspirasjonsluften og ventilasjonen. Målingen/testingen gjennomføres under arbeid med gradvis økning i belastning til man ikke oppnår en videre økning på oksygenopptaket ved en fortsatt økt arbeidsbelastning (Åstrand, Rodahl, Dahl & Strømme, 2003).

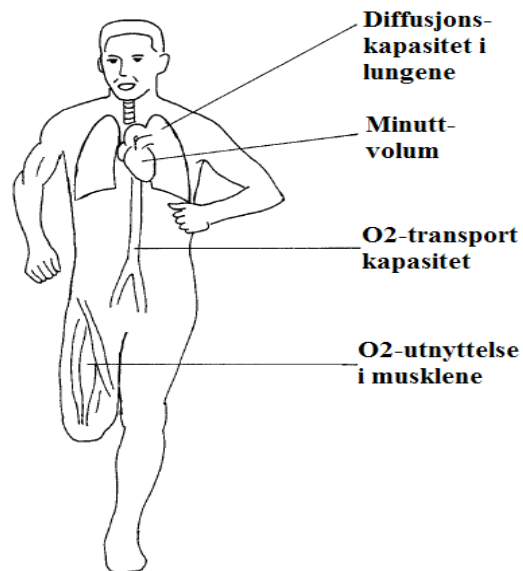
Langrennsutøvere har tradisjonelt gjennomført testing av VO_{2maks} og anaerob terskel i bevegelsesformen løping, men nyere forskning antyder at testing bør gjennomføres i den bevegelsesformen utøveren konkurrerer i (Mahood, Kenefick, Kertzer & Quinn, 2001). At spesifisiteten på testen er viktig blir vist i en studie av Mygind et al. (1991) på seks mannlige langrennsutøvere som viste at en test på stakeergometer har en bedre korrelasjon med langrennsprestasjonen på ski enn hva en test ved løp på tredemølle har. Dette blir også vist i en studie av Rundell (1995) på syv kvinnelige eliteutøvere i skiskyting, som viser at en rulleskitest på tredemølle har en bedre korrelasjon med langrennsprestasjonen enn hva en løpetest på tredemølle har.

I langrenn har det vært et fokus på at en utøver skulle være liten og lett, ettersom det koster mye energi å transportere kroppsvekten opp og ned alle motbakkene (Bergh & Forsberg, 1991). Det har vært med på å gjøre at benevnelsen $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ er den mest vanlige å bruke ved $\text{VO}_{2\text{maks}}$ -målinger hos langrennsutøvere. Utviklingen de siste årene har vist at både internasjonale topp herre- og dameutøvere har fått signifikant høyere kroppsvekt de siste 30 årene (Bergh & Forsberg, 1991; Rusko, 2003; Sandbakk, 2010; Losnegard, Myklebust & Hallén, 2011). Dette kommer blant annet av at sprint og fellesstart har kommet inn som nye konkurranser i langrenn, og disse øvelsene setter noe andre krav til utøveren på styrke og anaerob kapasitet (Losnegard, Myklebust & Hallén, 2011). I tillegg har løypene blitt lagd slik at publikum på stadion skal kunne se utøverne mest mulig underveis i konkurransene. Dette har gjort at det har blitt kortere sløyfer med kortere sammenhengende motbakker. Tidligere studier på eliteutøvere i langrenn viser at forskjeller i prestasjonen i langrenn ble bedre reflektert dersom en brukte benevnelsen $\text{ml kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (Bergh & Forsberg, 1991; Ingjer, 1991), mens nyere studier antyder at $\text{VO}_{2\text{maks}}$ i $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ er riktig å bruke i ved distanselangrenn og $\text{VO}_{2\text{maks}}$ i $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ved sprintlangrenn (Losnegard, personlig meddelt, 2012). Noe av forklaringen til dette kan være at det er en god sammenheng mellom kroppsvekt og $\text{VO}_{2\text{maks}}$ i $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$, og når hastigheten blir høy som for eksempel i langrenn i lett terreng vil det være en fordel å ha et høyt $\text{VO}_{2\text{maks}}$ i $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$. Energikravet ved langrenn i lett terreng er betydelig, men ikke større enn at dette er et submaksimalt arbeid, og mye tyder på at VO_2 som kreves i lett terreng ikke varierer mye eller vesentlig om langrennsutøveren har en relativ lav eller høy kroppsvekt. Ut fra dette vil det således være nærliggende å tro at de med høy $\text{VO}_{2\text{maks}}$ i $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ vil kunne gå med en lavere % av $\text{VO}_{2\text{maks}}$ store deler av løypa og på den måten «hvile» noe mer. En høy $\text{VO}_{2\text{maks}}$ i $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ vil derfor sannsynligvis være en fordel for langrennsutøvere i først og fremst i lett terreng. Videre vil de med relativt stor kroppsvekt ha noe større muskelmasse, som igjen kan vise seg å være gunstig for å benytte den anaerobe energiomsetningen som vil bidra til det totale energibehovet.

2.2.1 Begrensninger for $\text{VO}_{2\text{maks}}$

Det er en rekke faktorer som kan begrense $\text{VO}_{2\text{maks}}$. Veien for oksygenet fra lufta til mitokondriene inneholder en serie av trinn, som hver representerer en potensialbegrensning for oksygenopptaket. Figur 1 viser de viktigste faktorene som normalt begrenser $\text{VO}_{2\text{maks}}$: 1) Lungenes diffusjonskapasitet, 2) minuttvolum, 3) kapasiteten for

oksygentransport, og 4) oksygenutnyttelse i muskelen. De tre første faktorene går på oksygenleveranse til musklene, og fra faglitteraturen benevnes disse som sentrale faktorer som begrenser VO_{2maks} . Den fjerde faktoren går på muskelens opptak av oksygen, og utgjør den perifere begrensede faktoren på VO_{2maks} .



Figur 2.2: Begrensninger for VO_{2maks} (Bassett & Howley 2000)

Lungenes diffusjonskapasitet

Lungene har vanligvis ikke blitt sett på som noen begrensning for VO_{2maks} hos friske personer, ettersom lungeventilasjonen og lungenes diffusjonskapasitet av oksygen til blodet har vist seg å være effektiv og lite trenbar (Richardson et al., 1999). Noen studier har allikevel funnet at lungenes diffusjonskapasitet kan være begrensende. Dempsey, Hanson & Henderson (1984) har vist at svært godt utholdenhetsrente utøvere kan få en oksygenmetning som er noe lavere enn den gjennomsnittlige person ved arbeid på høy intensitet. Topprente utøvere har et stort maksimalt minuttvolum, og blodgjennomstrømningen kan ved maksimalt arbeid være så høy at det vil føre til en kortere eller raskere gjennomsnittlig transport tid (MTT) av de røde blodcellene i lungekapillærene. Dette vil kunne gjøre at det ikke er nok tid til å mette blodet med oksygen før det går ut i lungekapillærene. Den mulige lungebegrensningen gjelder først og fremst ved arbeid med høy intensitet og bruk av stor muskelmasse (helkroppsarbeid). Normalt blir det hevdet at lungekapasiteten i stor grad er medfødt og ikke så mye å gjøre noe med ved trening (Dempsey & Wagner, 1997).

Minuttvolum

Hjertets pumpekapasitet begrenses av to forhold: Hjertets slagvolum og hjertefrekvensen. Disse to forhold utgjør hjertets minuttvolum. Hjertets slagvolum regnes normalt som den egentlige begrensningen på oksygentransport (Wagner, 1991). Det er hjertets slagvolum som beskriver hvor mye blod og derved oksygen som transporteres ut i kroppen per hjerteslag. Hjertets slagvolum begrenses av størrelsen (indre volum) på hjertet og da spesielt venstre hjertekammer (Wagner, 1991). Studier

viser at utholdenhetsrente personer har større hjerte/slagvolum enn utrente (Koc, Bozkurt, Akpinar, Ergen & Acarturk, 2007). Både venstre og høyre ventrikel har fått et større volum som følge av aerob utholdenhets trening. Et større ventrikelvolum vil føre til at hjertet kan fylles mer og således gi et økt slagvolum, som igjen kan gi større minuttvolum (Wagner, 1991). Slagvolumet hos utrente personer i hvile ligger på cirka 50-70 ml/slag, og kan komme opp mot 110-130 ml/slag ved høy arbeidsintensitet. Hos godt trente utholdenhetsutøvere er slagvolumet i hvile cirka 90-110 ml/slag og kan komme opp i 150-220 ml/slag ved høy arbeidsintensitet (Zhou et al., 2001; Wilmore & Costill, 2005). Dette betyr at en godt trent person vil kunne være i stand til å pumpe opp mot 40 liter blod i minuttet. Hjertets pumpefrekvens eller hjertefrekvens stiger normalt lineært med stigende belastning opp til maksimal pumpefrekvens (Wilmore & Costill, 2005), dette gjelder både utrente og godt trente. En studie av Zhou et al. (2001) viste at det er forskjell på slagvolumet for utrente og eliteutøvere. Studiet viste at utrente og middels godt trente nådde et platå i slagvolumet allerede ved 60-70 % av maksimal hjertefrekvens, mens slagvolumet til svært godt trente personer så ut til å øke helt opp mot maksimal arbeidsbelastning. Denne forskjellen mellom utrente og godt trente kan muligens komme av et større blodvolum hos de godt trente, og dermed større tilbakestrømning av blod (venøs retur) (Sutton, 1992). En studie av Wilmore & Costill (2005) indikerer at økt blodvolum vil gi økt venøs retur og en større fyllingsgrad i hjertet, som igjen gir et økt slagvolum.

Kapasitet for oksygentransporten

I en studie av Heinicke et al. (2001) blir det vist at VO_{2maks} er avhengig av både blodvolum og total hemoglobinmasse. Studien antydte at blodvolum og total hemoglobinmasse kan forklare opp til henholdsvis 62 % og 52 % av variasjonen i VO_{2maks} . I et arbeid av Gledhill, Warburton & Jamnik (1999) blir det vist at en reduksjon i hemoglobinkonsentrasjonen ved uforandret blodvolum, kan føre til en reduksjon av VO_{2maks} og den aerobe prestasjonsevnen. Hvis hemoglobinkonsentrasjonen økes ved uforandret blodvolum, vil det motsatte skje, det vil si at VO_{2maks} og den aerobe prestasjonsevnen økes. Dette betyr at både blodvolum og hemoglobinmassen er viktige faktorer for oksygentransporten og videre VO_{2maks} (Gledhill et al., 1999). Hemoglobinkonsentrasjonen kan ikke økes ved hjelp av utholdenhets trening i lavlandet, men kan økes noe ved utholdenhets trening i høyden (Hallén, 2004).

Oksygenutnyttelse i musklene

Saltin et al. gjennomførte i 1985 en studie som viste at VO_{2maks} begrenses av blodstrømmen. Studiet så på hva som skjer når en person gjør et maksimalt arbeid der man bare bruker en liten muskelmasse (kneekstensjon i sparkeergometer med bare et bein). Denne type arbeid tillater at en stor del av minuttvolumet blir dirigert til et lite isolert område. Under dette arbeidet, fant de ut at det høyeste oksygenopptaket i en isolert quadriceps muskelgruppe var to til tre ganger høyere enn målt i den samme muskelgruppe i løpet av et maksimalt arbeid med stor muskelmasse (helkropp). De konkluderte med at muskelen har en stor kapasitet for å ta imot blod og forbruke oksygen, langt over pumpekapasiteten til hjertet i løpet av et maksimalt arbeid med stor muskelmasse. Til tross for disse funn, er det enkelte resultater som kan tyde på at oksygenutnyttelsen i muskelen kan øke etter utholdenhetstrening. Ekblom et al. (1968) rapporterte om en økning i a-vO₂ differansen etter utholdenhetstrening på utrente og middels godt trente personer. Et større minuttvolum kan være noe av forklaringen til den observerte økte a-vO₂ differanse i studiet til studiet til Ekblom et al. (1968). På den andre siden er det fra andre arbeider blitt rapportert at en økning i a-vO₂ differanse i musklene etter utholdenhetstrening kan komme av økt kapillærtetthet, økt mitokondrietetthet og muligens en større andel av myoglobin i muskelcellene (Midgley, McNaughton, & Wilkinson, 2006).

Studier har vist at kapillærtettheten i skjelettmuskulatur øker med utholdenhetstrening (Andersen & Henriksson, 1977; Saltin, Henriksson, Nygaard & Andersen, 1977). Denne økningen i kapillærtettheten gjør at man ved den samme blodstrømmen vil få en noe lenger gjennomsnittstid (MTT) av blodet som passerer muskelcellene (Saltin et al., 1977). Dette optimaliserer eller øker oksygenleveransen, og den økte diffusjonskapasiteten av oksygen vil kunne gjøre at man kan vedlikeholde oksygenekstraksjon selv på arbeid med en stor blodstrøm i muskelen.

Oksygenet i kapillærene diffunderer over til mitokondriene i muskelcellene. Flere tidligere studier har rapportert en økning mitokondriemengde (størrelse og antall) etter en periode med aerob utholdenhetstrening (Zoll et al., 2002; Daussin et al., 2008). Dette kan tyde på at mitokondriemengden vil kunne være en av de perifere begrensede faktorene for VO_{2maks} . I teorien vil fordobling av antall mitokondrier kunne tenkes å fordoble oksygenopptaket i muskelen. Imidlertid viser studier at det er kun en økning av

VO_{2maks} på en 20–40 % til tross for en dobling av mitokondrier (Saltin et al., 1977). Dette kan bety at VO_{2maks} , ved arbeid med stor muskelmasse begrenses først og fremst av oksygenleveransen og ikke antall mitokondrier i muskelen. En studie (Holloszy & Coyle, 1984) viste av den primære effekten av en økning i antall mitokondriene er at den er med på å forbedre utholdenhetsprestasjon, men ikke øker VO_{2maks} . Resultatene fra dette arbeidet indikerer at selv forsøkspersoner med nesten like VO_{2maks} verdier, kan ha ganske store forskjeller i antall mitokondrier. Videre blir det hevdet at en økning i mitokondriemengden vil kunne være med på øke VO_{2maks} .

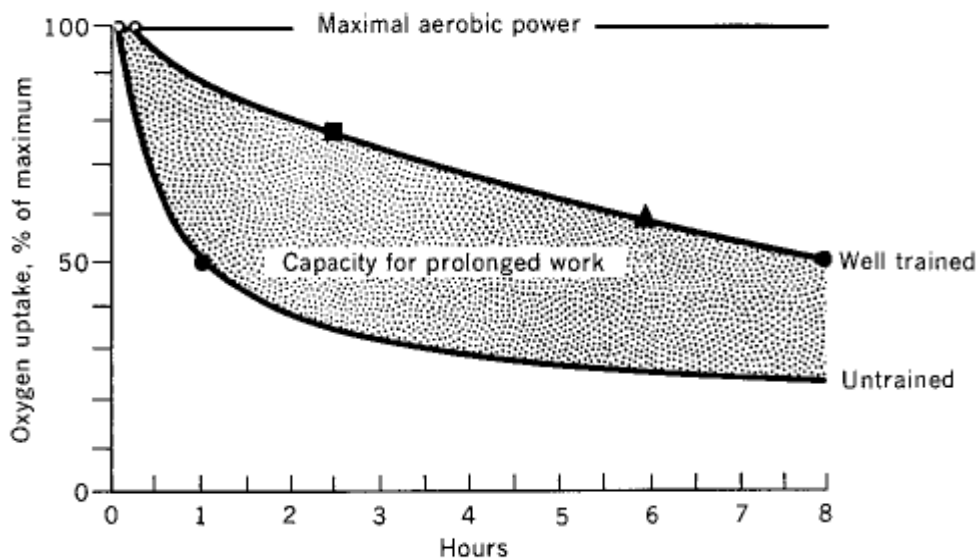
I muskelcellene har vi myoglobin. Disse binder oksygen til seg og transporterer oksygen inne i muskelcellen på samme måte som hemoglobin binder og transporterer oksygen i blodet. Dette gjør diffusjon av oksygen fra blod til cellene enklere (McArdle et al. 2007). En studie på rotter viser at utholdenhetstrening gir et økt innhold av myoglobin i muskelcellene (Hickson & Rosenkoetter, 1981). Dette er foreløpig ikke klart blitt vist hos mennesker, og en bør utvise forsiktighet med konklusjoner om tilsvarende kan finne sted hos mennesker.

2.3 Utnyttingsgrad

Utnyttingsgraden vil si hvor høy prosentdel av VO_{2maks} en utøver kan ligge på over en periode (Costill, Thomason & Roberts, 1973; di Prampero, 2003). Studier viser at topptrente utøvere kun kan holde en intensitet tilsvarende belastningen ved VO_{2maks} i 6-12 minutter (Bosquet et al. 2002). Ved et arbeid som varer lenger, må utøveren senke intensiteten. Et eksempel på dette ser vi fra løping der de beste løperne kan ha en utnyttingsgrad på nesten 100 % av sin VO_{2maks} på 5000 meter, 90-95 % av VO_{2maks} på 10 km og 85 % på maraton (Davies & Thompson, 1979; Weston, Mbambo & Myburgh, 2000).

Casestudier som har sett på testresultater av eliteutøvere i løping og sykkel over flere år viser at utnyttelsesgraden øker gradvis med alderen og i hvor mange år de har trent godt (Coyle et al., 1991; Jones 1998), og at de ofte når sine beste resultater når utnyttingsgraden er på sitt høyeste. Ettersom disse resultatene kun er basert på enkeltpersoner, skal en være forsiktig med å konkludere at utøvere ikke kan oppnå en meget god utnyttingsgrad som ung. Resultatene stemmer uansett godt med data fra eliteutøvere i langrenn som ofte oppnår sine beste resultater når de har hatt mange år med mye

trening, og hvor økningen av utnyttingsgraden muligens kan være med på å forklare forbedringen i prestasjonen (Ainegren, Laaksonen, Carlsson & Tinnsten, 2012).



Figur 2.3: Forholdet mellom arbeidstid og utnyttingsgrad for godt og mindre godt trente utøvere. (Åstrand & Rodahl, 2003)

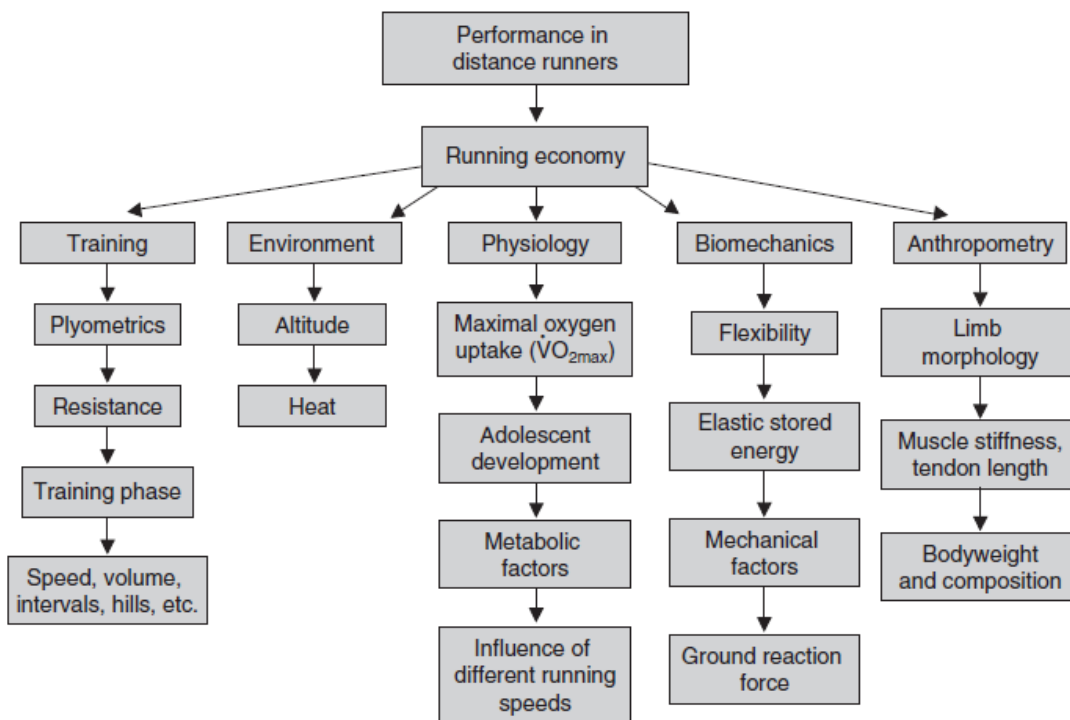
Som for VO_{2maks} (kap.2.1, side 11), så er det også ønskelig at testing av utnyttingsgrad gjennomføres i den idrettsspesifikke bevegelsesformen (Rundell, 1995). Det aller beste er å måle utnyttingsgrad under konkurranse, med det er vanskelig i en idrett som langrenn. Dette på grunn av at man da må benytte en O_2 -analysator som må bæres ryggen, i tillegg til at vær/temperatur ville kunne ført til stor unøyaktighet ved testing. Langrennsutøvere gjennomfører derfor testing av utnyttingsgrad vanligvis på rulleski på tredemølle eller på stakergeometer i et laboratorium. Der bruker man en indirekte målemetode av VO_2 for å finne utnyttingsgraden til utøveren. Den mest vanlige testmetoden er å se på prosentdel av VO_{2maks} ved anaerob terskel. Dette gjøres på grunnlag av studier som har vist en god sammenheng mellom prosentdel av VO_{2maks} på anaerob terskel og utnyttingsgraden i konkurranse (Svedenhag, 2000).

Hvis man sammenligner resultatene fra eliteutøvere i løp (Billat, 2001), svømming (Roels et al, 2005) og sykkel (Coyle, 2005) med eliteutøvere i triatlon (Millet, Dreano & Bentley, 2003) så er det rapportert relativt store forskjeller i utnyttingsgraden. Disse studiene viste ikke store forskjeller på VO_{2maks} og antall treningstimer utført. En betydelig større forskjell ble først og fremst funnet mellom utøverne i total treningstid i

de forskjellige bevegelsesformene. Ut ifra dette, kan en antyde at det kreves mye spesifikk trening for å få en god utnyttelsesgrad og dermed ha større muligheter for å kunne prestere på et elitenivå i en aerob utholdenhetsidrett.

2.4 Arbeidsøkonomi

Arbeidsøkonomi sier noe om hvor mye oksygen som kreves på en bestemt hastighet (Bassett & Howley, 2000; Svedenhag, 2000). Biomekaniske, fysiologiske, metabolske og antropometriske egenskaper er faktorer som påvirker arbeidsøkonomien i løping (Saunders, Pyne, Telford & Hawley, 2004). I langrenn vil tilsvarende faktorer som ved løp påvirke arbeidsøkonomien, men også ytre faktorer (snøforhold, vind, temperatur) og utstyr (ski, smøring, sko, staver) kan ha en avgjørende betydning for arbeidsøkonomien.



Figur 2.4: Faktorer som påvirker arbeidsøkonomien (her løpsøkonomien) (Saunders et al., 2004)

Arbeidsøkonomien forteller oss hvor effektivt den enkelte utøveren arbeider ved forskjellige belastninger, og en forbedring av arbeidsøkonomien vil kunne medføre at utøveren kan holde en høyere hastighet på den samme energiomsetningen eller oksygenopptaket (Larsen, 2003). Dette belyses i en studie av Larsen (2003) hvor det ble studert hvorfor kenyanske løpere ofte presterer bedre enn ikke-afrikanske utøvere i langdistanseløping. Resultater fra dette arbeidet viste at det ikke var relativt store

forskjeller i VO_{2maks} og utnyttingsgrad mellom kenyanske løpere og ikke-afrikanske løpere, men at det var en betydelig forskjell i arbeidsøkonomien i løping mellom kenyanske løpere og ikke-afrikanske løpere. Dette antyder at arbeidsøkonomi kan være en veldig avgjørende faktor for prestasjonen, og spesielt i en aerob utholdenhetsidrett som langdistanseløping. I dette studiet av Larsen (2003) ble det hevdet at kroppsfasongen (antrometrisk variabel) var hovedfaktoren til at arbeidsøkonomien var bedre hos de kenyanske løperne enn de ikke-afrikanske løperne.

Resultater fra studier antyder at det kan ta lang tid å få en god arbeidsøkonomi. Dette ser en ved studier som viste at eldre utøvere kan ofte ha bedre arbeidsøkonomi enn yngre utøvere, og trente utøvere kan ofte ha bedre arbeidsøkonomi enn utrente utøvere (Krahenbuhl & Williams, 1992; Berg, 2003).

I en studie av Scrimgeour et al. (1986) blir det vist at den totale varigheten på treningen i aktivitetsformen som benyttes i konkurranse (løping i dette studiet) er den enkeltfaktoren som påvirket arbeidsøkonomien mest positivt. Dette kan antyde at det er viktig med mye idrettsspesifikk trening over tid for å forbedre arbeidsøkonomien, akkurat som med utnyttingsgraden.

En casestudie av Jones (1998) ble det ble det benyttet en kvinnelig eliteutøver i løping med 3000 meter som spesialdistanse. Utøveren forbedret prestasjonen på 3000 meter i løpet av fire år tross for signifikant nedgang av VO_{2maks} . Studiet viser at fremgangen kom først fremst av en økning en i arbeidsøkonomi. I en annen casestudie (Coyle, 2005) ble Lance Armstrong fulgt over en åtte års periode. Uten en økning i VO_{2maks} , så ble prestasjonen hans på sykkel forbedret. Dette forklares først og fremst med at arbeidsøkonomien ble forbedret 8 % i løpet av perioden. Begge disse studiene indikerer at det tar lang tid å forbedre arbeidsøkonomien for eliteutøvere. Disse funnene er i overensstemmelse med resultatene fra et arbeid som kun benyttet godt trente utøvere, og som i løpet av 6 uker ikke viste noen fremgang på arbeidsøkonomien (Lake & Cavanagh, 1996).

Testing av arbeidsøkonomi gjøres ved en indirekte metode der man registrerer oksygenopptaket ved submaksimale belastninger (Hallèn, 2002a). Det bør også gjøres oppmerksom på at når arbeidsøkonomi beregnes ut fra VO_2 -målinger bør belastninger

som benyttes ved målinger av arbeidsøkonomi kun foregå ved en belastning hvor det totale energibehovet er nesten helt eller «helt» aerobt. Dette vil si at bare submaksimale belastninger opp mot anaerob terskel kan benyttes. Det vil si at i mange idretter og/eller distanser vil det således være vanskelig for ikke si umulig å måle/beregne under aktuell konkurransehastighet.

2.5 Anaerob terskel

Anaerob terskel (AT) kan defineres som: ” den høyeste intensiteten ved dynamisk arbeid med store muskelgrupper der produksjon og eliminasjon av laktat er like stor ” (Svedahl & Macintosh, 2003).

I en rekke studier har det vist seg å være en god sammenheng mellom utøverens terskelfart og prestasjon i typiske aerobe utholdenhetsidretter (Farrell, Wilmore, Coyle, Biling & Costill, 1979; Forsberg & Saltin, 1988). Dette skyldes i stor grad at utøverens terskelfart er bestemt av utøverens VO_{2maks} , utnyttingsgrad og arbeidsøkonomi og som oftest blir vurdert til å være de tre mest betydningsfulle prestasjonsbestemmende faktorene i aerobe utholdenhetsidretter (Svedenhag 2000).

Det finnes i dag flere ulike direkte- og indirekte målemetoder for å måle AT. “Maximal lactate steady state” (MLSS) er en direkte test for å måle AT. MLSS er den høyeste arbeidsbelastningen der laktatkonsentrasjon i blodet er stabil under en lang periode (20-30 min) (Beneke, 2003). Under en MLSS-test vil utøveren jobbe på en konstant belastning, helst over 30 minutter. Det blir tatt målinger hvert femte minutt og laktatkonsentrasjonen i blodet ikke skal øke mer enn $1,0 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ de siste 20 minuttene av testen (Beneke, 2003). Ved bruk av MLSS må man først gjennomføre en vanlig test av AT to til tre ganger for på den måten finne det hastighetsområdet hvor AT er. Det vil si at det normalt vil bli brukt cirka fire dager med testing av MLSS for å kunne direkte bestemme AT. Dette gjør at testen er veldig tidkrevende og kostbar, og derfor benytter man ofte indirekte tester i stedet.

“Onset of blood lactate accumulation” $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ (OBLA) er den mest benyttede indirekte testen. Der blir AT beregnet ved en laktatkonsentrasjon i blodet på $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ under en test med gradvis økende belastning (Billat, 2001). I Norge bruker en ofte en indirekte metode der AT blir satt ved en laktatkonsentrasjon som er $1,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ over

laktatkonsentrasjonen i hvile (Borch, Ingjer, Larsen & Tomten, 1993). Resultatene fra en indirekte test bør tolkes med aktsomhet, ettersom en ikke kan beregne AT til hvert individ med sikkerhet (Svedahl & Macintosh, 2003). Ofte er de indirekte metodene beregnet ut i fra bevegelsesformen løp. I blant annet langrenn bruker en til dels andre og en større muskelmasse enn ved løp, og overkroppen vil i tillegg til beina produsere melkesyre. Mye kan således tyde på at det ikke vil være riktig å bruke den samme testprotokoll/-metode for å finne AT ved løp som ved bruk av andre bevegelsesformer som for eksempel langrenn.

2.6 Intensitetsskala

Volum av trening registreres normalt ved treningstid (timer) og/eller som avstand (km på f.eks. ski, løp, sykkel). Den enkleste måten å sammenligne treningsarbeidet fra forskjellige idretter er ved å se på treningstimer (Seiler, 2010). Kvantifisering av treningsintensitet er vanskeligere. Det mest vanlige er å ha en intensitetsskala som er basert på soner av VO_{2maks} , maksimal hjertefrekvens og laktatkonsentrasjon i blodet. Et problem med en standardisert intensitetsskala er at den er basert på gjennomsnittverdier fra en gruppe utøvere og den derved ikke tar hensyn til individuelle forskjeller i forholdet mellom hjertefrekvens og laktatkonsentrasjon i blodet ved bestemte arbeidsbelastninger (Seiler, 2010), eller eventuelle forskjeller i de nevnte parameterne mellom de ulike bevegelsesformene. Som eksempel viste Beneke, Leithauser, & Hutler (2001) i en studie på seks roere, ved bruk av en MLSS-test, at laktatkonsentrasjonen i blodet ved AT er lavere ved roing enn ved sykling. Beneke et al. (2001) antyder ut ifra dette at laktatkonsentrasjonen i blodet ved AT vil være lavere jo mer muskelmasse som er i bruk. Dette vil si at hvis intensitetsskalaen er lagd på grunnlag av testing ved løp, vil den kunne passe dårlig i en bevegelsesform som langrenn, som er en bevegelsesform med helkroppsarbeid og har en større bruk av muskelmasse. Dette viser hvor viktig det er å utarbeide individuelle intensitetsskalaer for hver intensitetssone og for hver aktivitetsform (Aasen et al. 2005; Seiler & Tønnesen, 2009).

Det er en fordel om intensiteten ikke bare styres ved hjelp av hjertefrekvens, men også ved bruk av laktatmålinger og fartsmålinger, ettersom disse hjelpemidlene vil gi mer informasjon enn om hjertefrekvens benyttes alene. Uansett er målet at utøveren ut ifra målinger skal utvikle sin egen intensitetsfølelse, og således mest og best mulig kan styre treningsarbeidet uten hjelp av eksterne hjelpemidler.

I dette studiet vil det bli brukt en individuell intensitetsskala (tabell 3.2, side 31) som er modifisert ut ifra Olympiatoppens intensitetsskala (tabell 2.1) for å styre treningsintensiteten til forsøkspersonene.

Tabell 2.1: Olympiatoppens intensitetsskala med 8 intensitetssoner (Aasen et. al. 2005).

Intensitetszone	% av VO _{2maks}	% av HF _{maks}	Laktat (KDK)	Total varighet
I-sone 8	---	---	---	1 – 3 min
I-sone 7	---	---	---	3 – 6 min
I-sone 6	---	---	---	6 – 15 min
I-sone 5	94 – 100	92 - 100	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

Tabellen viser veiledende verdier for % av VO_{2maks}, % av HF_{maks}, laktatkonsentrasjonen (mmol·l⁻¹) og total varighet (minutter). Verdiene gjelder for toppidrettsutøvere som skal utvikle kapasiteten i den enkelte intensitetszone.

Denne studien har fokusert på aerob utholdenhetstrening under anaerob terskel, det vil si med hovedsakelig bruk av de tre laveste intensitetssonene. Trening i I-sone 1 gjennomføres oftest som treningsøkter med lang varighet (en til seks timer) (Sæterdal & Wisnes, 2000). Det tilstrebes mest mulig jevn belastning på denne treningsformen, det vil si at hastigheten bør være en god del større i lett terreng enn i motbakker. Trening i sone 2 gjennomføres oftest som korte langturer (under 45 minutter), de delene av lengre langturer som går i lange, bratte bakker, noe av teknikktreningen, deler av oppvarmingen og restitusjonstreningen (Nymoen, 2003). Trening i I-sone 3 gjennomføres både som kontinuerlig arbeid og som intervallarbeid. Langintervall og distanse er ofte trening under denne intensiteten. Treningen skal oppleves som om vi har ”ett eller to gir til”, den tekniske utførelsen skal være avslappet og kontrollert, men samtidig nært opp til konkurranseteknikken. (Nymoen 2003).

2.7 Fysiologiske påvirkninger på de forskjellige intensitetssonene

Generelt, men spesielt innen idretts-/treningsfysiologien og treningslæren er det stor interesse, for først og fremst de begrensende faktorene som lar seg påvirke av trening. Således blir disse begrensende faktorene i denne sammenheng en form for ”redskap” og/eller kunnskap om de fysiologiske tilpasninger som finner sted under trening. Blant

annet innen aerob utholdenhetstrening utgjør de sentrale og perifere faktorer, og faktorer som VO_{2maks} , arbeidsøkonomi og utnyttingsgrad er viktige deler eller "bygggestener" i det som først og fremst er primært og avgjørende for prestasjonsevnen. I en trenings-sammenheng er, med andre ord, ofte ikke hver enkelt faktor viktigst men et "redskap" for å kunne analysere, forstå, fokusere på og ta de rette avgjørelsene på det som er viktigst, det vil si prestasjonsevnen. Innen forskning vil naturligvis hver enkelt, eller bare noen av disse faktorene kunne stå sentralt eller være viktigst.

Dersom en ser på resultatene fra de forskningsarbeider som har studert effekter av aerob utholdenhetstrening så finner vi studier som bare har benyttet trening på høy intensitet (88-95 % av HF_{maks}) (f. eks. Moffatt, Stamford, Weltman, Cuddihee, 1977; Helgerud, Engen, Wisloff & Hoff, 2001), og (om ikke så mange) arbeider som kun har benyttet trening på arbeidsintensiteter under laktat terskel (70-85 % av HF_{maks}) (f.eks. Ingham et al. 2008; Seiler et al, 2011). En av de konklusjonene en kan trekke ut av disse arbeidene, er at det ikke er noe klart skille eller grense i hvilke parametere (VO_{2maks} , arbeidsøkonomi, utnyttingsgrad), som har hatt den største effekten eller påvirkningen i løpet av en treningsperiode, selv om treningen primært har vært gjennomført med høy eller moderat treningsintensitet. Noe kan allikevel tyde på at de studiene som har benyttet høy treningsintensitet har fått en god/stor forbedring i VO_{2maks} (Moffatt et al, 1977; Helgerud et al., 2001;), og på den annen side, observert/rapportert en god effekt på blant annet anaerob terskel i de arbeidene som har benyttet lav/moderat treningsintensitet (Helgerud et al, 2007; Seiler et al., 2011). Når en så forsøker å forklare og skille ganske skarpt i hvilke faktorer som gir hvilke effekt i intensitetsskalaer med både fem og åtte soner, bør man ut fra det som her er omtalt ovenfor være meget forsiktig med å trekke klare grenser og konklusjoner. Slike intensitetsskalaer (tabell 2.1.) egner seg først og fremst som et redskap/hjelp til å styre intensiteten i treningsarbeidet, og gjøre det klart mer meningsfullt å kunne kommunisere om treningsintensitet på en fornuftig/tilfredsstillende måte.

3. Metode

3.1 Forsøkspersoner

13 langrennsutøvere, alle menn i alderen 19-24 år ble rekruttert fra Østlandsområdet. Dette ble gjort gjennom annonse på nettsidene www.langrenn.com og www.skiforbundet.no, og ved direkte forespørsel (vedlegg II). Forsøkspersonene (FP) fikk detaljert informasjon om hensikten og eventuelle fordeler og ulemper ved å delta i studiet (vedlegg III). Informasjonsskrivet inneholdt også prosedyrer for gjennomføring av testing og om varighet av studiet. Gjennom informasjonsskrivet ble FP informert om at det var mulig å trekke seg fra forsøket når som helst uten å oppgi grunn. FP ga samtykke før start av studiet om at de ville delta i studiet, og at de hadde gjort seg kjent med hva forsøket innebar. Studien ble før oppstart godkjent av en etisk komite (REK-Sør-Norge) (vedlegg I).

FP ble fordelt i to forskjellige grupper, en treningsgruppe og en kontrollgruppe. Fordelingen til gruppene skjedde ikke ved randomisering, men i stedet ble FP fordelt til den gruppen de ønsket å være i. Dette ble gjort for at de som var i treningsgruppen skulle være motivert for å gjennomføre alle intervensjonsøktene i studiene på riktig måte. Det har tidligere vist seg at det er svært vanskelig å fordele FP ved randomisering, når en har med idrettsutøvere på et høyt idrettslig nivå som i dette studiet.

Behandling av data ville være vanskelig hvis begge kjønn hadde blitt inkludert. Dette på grunn av at det er stor nivåforskjell på kvinner og menn på de parameterne som skulle studeres, og at det var få kvinner tilgjengelig i nærområdet til å gjennomføre studien for å få til en tilfredsstillende statistisk behandling av resultatene.

Tabell 3.1: Viser antall FP, alder (år), vekt (kg) og VO_{2maks} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) i trenings- og kontrollgruppen.

	Treningsgruppe	Kontrollgruppe
Antall FP	6	5
Alder (år)	20,8 (19-22) ± 1,2	21,4 (19-24) ± 2,1
Vekt (kg)	74,2 (70-81) ± 4,3	71,8 (63-78) ± 5,9
VO_{2maks} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	70,3 (66-76) ± 3,5	72,5 (70-78) ± 3,2

Verdier er oppgitt som gjennomsnitt (range i parentes) ± SD

3.1.1 Inklusjonskriterier

- Mannlig aktiv langrennsløper i alderen 18-30 år
- Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}) på over $65 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.
- FP skulle konkurrere aktivt og holde høyt nasjonalt nivå innenfor langrenn.
- FP skulle på en normalmåned trene over 50 timer i måneden.

3.1.2 Eksklusjonskriterier

- Ved fravær på mer enn tre sammenhengende intervensjonsøkter i intensitetszone 3 under forsøksperioden på åtte uker. Et fravær på totalt fem intervensjonsøkter (17 %) ble godtatt hvis fraværet var fordelt jevnt.
- Gjennomførte under 100 timer med trening i forsøksperioden.
- Gjennomførte intervensjonsøktene i en annen intensitetszone enn intensitetszone 3 (gjaldt treningsgruppen).
- Gjennomførte flere enn to treningsøkter som oversteg anaerob terskel i løpet av forsøksperioden på (kap. 3.4.1, side 31).
- Ikke fikk gjennomført testing til oppsatt tid på grunn av sykdom eller skader.

3.1.3 Ekskluderinger i forsøket

Treningsgruppen

En FP i treningsgruppen hadde flere enn to treningsøkter som oversteg intensitetszone 3.

Kontrollgruppen

En FP i kontrollgruppen fikk ikke gjennomført posttest på grunn av sykdom

3.2 Design av studie

3.2.1 Tilvenning

FP fikk anledning til å trene rulleski skøyting og løp på tredemølle til de selv syntes de var klar for å gjennomføre testing. For de fleste var det nok med en gang på rulleski- /løpemøllen. FP fikk gjennomført testprogrammet en gang før pretesting.

3.2.2 Pretesting

Det var to testdager. Den ene dagen ble det gjennomført en VO_{2maks} -test og en prestasjonstest ved løp på tredemølle. Den andre dagen ble det gjennomført en laktatprofiltest, en VO_{2maks} -test og en prestasjonstest ved rulleski skøyting på tredemøllen.

3.2.3 Treningsregime

Det ble gjennomført et treningsregime i løpet av åtte uker på sommeren. Tre standardiserte intervensjonsøkter i uka, alle i intensitetszone 3 (kap 3.4.1, side 31). Utenom intervalltrening, var det kun rolig trening, det vil si i intensitetszone 1 og 2. Treningsmengde utenom intervensjonsøkter ble styrt selv, men de skulle minimum ha minst 100 timer trening under forsøksperioden på åtte uker.

3.2.4 Posttesting

Samme tester som ved pretesting.

3.3 Tester

3.3.1 Variabler som ble målt under testene

- Oksygenopptak (VO_2)
- Laktatkonsentrasjon i blod $[La^-]_{bl}$
- Hjerterefrekvens (HF)
- Hastighet (m/s^{-1} og km/t^{-1})
- Tid (mm:ss)

3.3.2 Målemetoder

Testene ble gjennomført som løp og rulleski skøyting på tredemølle ved Norges Idrettshøyskole i Oslo

Oksygenopptak

Oksygenopptaket submaksimalt (VO_2) og maksimalt (VO_{2maks}) ble målt over lungene ved at FP pustet gjennom et tovegs munnstykke (Hans Rudolph Instr; USA) via en slange som var koblet til en O_2 og CO_2 -analysator (Oxycon Champion, Jaeger Instr; Hoechberg, Tyskland). Analysatoren registrerte VO_2 hvert 30. sekund, disse verdiene kom opp på en skjerm. Usikkerheten ved måling av VO_2 ved bruk av dette utstyret er oppsatt å være $\pm 0,04 l \cdot min^{-1}$ ($VO_2 > 1 l \cdot min^{-1}$) (Åstrand og Rodahl, 2003) Volum ble kalibrert manuelt ved hjelp av en tre liter stor pumpe. O_2 og CO_2 ble kalibrert både mot romluft og påmontert gassflaske med 95 % N og 5 % CO_2 . Kalibrering ble gjort før hver test.

Laktat

Laktatkonsentrasjonen i blodet $[La^-]_{bl}$ ble målt ved at man tok et stikk i en fingertupp til FP, samlet blod i et kapillærrør og deretter injiserte blodet i en laktatanalysator (1500 Sport, YSI Incorporated, Yellow Springs Instruments Company; Ohio, USA) ved hjelp av en standard injektor (20 μl 's Pipette). Laktatanalysatoren ble kalibrert med 5 $mmol \cdot l^{-1}$ standard laktatløsning. Lineariteten mot høye verdier ble kontrollert med 15 $mmol \cdot l^{-1}$ standardløsning. Nøyaktigheten på dette instrumentet er cirka $\pm 2 \%$ for laktatverdier mellom 0 og 5 $mmol \cdot l^{-1}$, og cirka 3 % for laktatverdier mellom 5 og 15 $mmol \cdot l^{-1}$.

Hjertefrekvens

Hjertefrekvens (HF) ble målt ved at FP hadde på seg et pulsbelte/transmitter (Polar Electro, Finland) som sendte signaler til en pulsklokke (Polar Electro S610I, Finland). Disse HF-signalene ble registrert og lagret i minnet hvert femte sekund. Måleusikkerheten var på $\pm 1-2\%$.

3.3.3 Testprosedyrer

3.3.3.1 Løp på tredemølle

Det ble benyttet en tredemølle av merket Woodway (Woodway GmbH, Tyskland) ved de testene hvor løping benyttes.

Oppvarming

FP varmet opp cirka 20 min ved cirka 50 % av VO_{2maks} . Oppvarming ble gjort på tredemølle, og FP valgte selv hvilken stigningsvinkel han løp på under oppvarmingen.

VO_{2maks}

Etter oppvarming ble tredemøllen stilt på seks grader stigning (10,5 %). Deretter startet VO_{2maks} -testen. Testen ble gjennomført som en "trappetest" med tre til fire trinn, hvor siste trinn var på minimum et minutt. Hastighet ved start ble vurdert fra en test under tilvenning. Det var viktig at hastigheten ikke ble for høy i starten. Starthastigheten varierte fra 10,5 til 12 km/t, avhengig av nivå. Hastigheten ble økt med 1 km/t for hvert minutt de første minuttene. Når FP begynte å nå utmattelse/stivne, ble det vurdert om det var behov for en hastighetsøkning. Det var også mulig for 0,5 km/t hastighetsjustering på slutten av VO_{2maks} -testen. Alle hastighetsforandringer ble registrert. VO_2 ble målt under hele testen og gjennomsnittet av de to høyeste etterfølgende VO_2 -målingene ble registrert som VO_{2maks} . HF ble registrert under hele testen. $[La^-]_{bl}$ ble målt innenfor et minutt etter avslutning av prestasjonstest. Hovedkriterium som ble brukt for at FP hadde nådd VO_{2maks} , er om man fikk en avflatning av VO_2 ved fortsatt økning i arbeidsbelastningen. Hjelpekriterier på oppnådd VO_{2maks} var respiratorisk utvekslingskvotient (R) på minimum 1,05 (helst over 1.10) og en laktatkonsentrasjon i blodet på mer enn 7-8 mmol·l⁻¹. I tillegg ble det brukt subjektive vurderinger fra testleder.

Prestasjonstest

Det ble gjennomført en prestasjonstest sammen med VO_{2maks} -testen. Dette ble gjort ved at FP fullførte testen til fullstendig utmattelse. FP løp videre til utmattelse på samme stigningsvinkel og hastighet som VO_{2maks} -testen avsluttet på. Tiden fra start av VO_{2maks} -test til utmattelse ble registrert. FP beskrev rett etter test sin subjektive opplevelse av anstrengelse ved hjelp av Borgskalaen. Dette ble notert og registrert. FP ble ikke informert om tiden sin underveis i prestasjonstesten. Dette for at betingelsene skulle være tilnærmet like bra på både pre- og posttest. Ved posttest ble det brukt samme hastighet og stigningsvinkel som ved pretest.

3.3.3.2 Rulleski skøyting på tredemølle

Det ble benyttet en tredemølle av merket Rodby (R4000, Rodby Innovation AB, Sverige) under testing av rulleski skøyting. Rulleskiene som ble benyttet var av merket Swenor (Skate) med svarte gummi hjul (motstand 2). De fikk velge om de ville benytte SNS- eller NNN-bindinger, og de brukte sine egne skisko. Staver som ble benyttet var Swix (Star) med pigger produsert ved det biomekaniske laboratoriet ved NIH. Det ble benyttet sikkerhetssele ved VO_{2maks} - og prestasjonstest.

Oppvarming

FP varmet opp cirka 15 minutter ved cirka 50 % av VO_{2maks} . Oppvarming ble gjort ved rulleski skøyting på tredemølle. FP valgte selv hvilken hastighet og stigningsvinkel han ville gå på under oppvarmingen.

Laktatprofiltest

For å finne AT ble den indirekte metoden OBLA (kap. 2.5, side 21) benyttet. I OBLA blir en laktatkonsentrasjonen i blodet på $2,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ (ved YSI-laktatanalysator) benyttet for å finne AT. Det ble brukt arbeidsperioder på fem minutter. Stigningsgraden var på fem grader på alle arbeidsperiodene. Kun stilarten dobbeldans ble brukt under arbeidsperiodene. Første arbeidsperiode ble startet ved cirka 60-65 % av VO_{2maks} . Hastighet på første arbeidsperiode var 2,5, 2,75 eller $3,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, dette avhengig av prestasjonsnivå på FP. Hastigheten ble økt med $0,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ per arbeidsperiode, tilsvarende en økning i VO_2 på cirka $3\text{-}4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Ved siste arbeidsperiode skulle FP ha passert en $[\text{La}^-]_{bl}$ på $2,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, og dette ble gjort på fjerde eller femte arbeidsperiode. HF ble registrert i hele arbeidsperioden. Gjennomsnittet av målingene

av HF på de siste to minuttene ble brukt som “steady state”. VO_2 ble målt mellom 2.30 og 4.00 minutter ved hver belastning. Munnstykket ble satt inn cirka 30 sekunder før måleperioden startet og tatt ut cirka fem sekunder etter. Gjennomsnittet av de tre målingene som ble registrert under måleperioden ble benyttet som steady state verdier for hver av de fem minutters arbeidsperiodene. Det var cirka et minutt pause mellom hver belastning til å ta blodprøve for bestemmelse av $[La^-]_{bl}$.

VO_{2maks}

Etter test av laktatprofil var det en aktiv pause på rundt fem minutter til FP følte at han var klar for VO_{2maks} -test. Deretter startet VO_{2maks} -testen, og ble gjennomført som en ”trappetest” med fire til sju trinn, med minimum et minutt på siste trinn. FP startet på samme hastighet som i andre arbeidsperiode i laktatprofiltest, og på en stigningsvinkel på fem grader. For hvert minutt ble stigningsvinkelen økt med 1 grad, opptil en stigning på åtte grader. Hvis FP da hadde behov for større belastning for å oppnå VO_{2maks} , ble farten høynet med 0,25 m/s. Det ble på slutten av testen hele tiden vurdert om det var behov for en ny økning i arbeidsbelastning. FP kunne selv velge hvilken skøytestilart han ønsket å bruke under VO_{2maks} -testen. Det ble benyttet målinger og kriterier for oppnådd VO_{2maks} som under testing av VO_{2maks} under løp. Beskrevet under punkt 3.3.3.1, side 28.

Prestasjonstest

Det ble benyttet tilsvarende testprotokoll som ved prestasjonstest på løp beskrevet under punkt 3.3.3.1.

3.4 Treningsregime

Intensitetsskalaen til Olympiatoppen (tabell 2.1, side 22) er først og fremst utarbeidet for løping, og intensitetssonene utgjør et gjennomsnitt fremstilt på grunnlag av data fra et relativt stort antall FP. Denne intensitetsskalaen passer ikke alltid helt inn for andre bevegelsesformer, som for eksempel rulleski skøyting. Intensitetsskalaen til hver FP ble derfor modifisert etter pretestresultatene, slik at den således passet bedre for bevegelsesformen rulleski skøyting samt individuelt tilpasset hver enkelt FP. Modifiseringen ble gjennomført ut ifra den HF hver enkelt hadde ved beregnet AT. For å beregne AT ble det benyttet en laktatprofiltest (se kap. 3.3.3.2). På Olympiatoppens intensitetsskala finner man AT i skillet mellom intensitetszone 3 og intensitetszone 4.

Ved modifisert skala ble HF i intensitetszone 3 satt til å være fra beregnet HF ved AT og 9 slag/min⁻¹ lavere. Resterende intensitetssoner ble beregnet ved bruk av tilsvarende justeringer som ble benyttet ved intensitetszone 3. Det bør nevnes at laktatprofiltesten er en indirekte målemetode og mulighetene for feilestimering av intensitetszone 3 og de andre intensitetssonene var til stede. Uansett så mener jeg at denne individuelle modifiserte skalaen (tabell 3.2) var en bedre skala å benytte under forsøksperioden for FP enn hva den standardiserte intensitetskalaen fra Olympiatoppen var.

Tabell 3.2: Viser HF ved de forskjellige intensitetssonene ved bruk av den standardiserte intensitetskalaen til Olympiatoppen og ved bruk av en modifisert skala som ble benyttet under forsøket.

Intensitetszone	HF (slag/min ⁻¹) (standardskala)	HF (slag/min ⁻¹) (modifisert skala)
1	120-144 (60-72 %)	120-141 (60-76 %)
2	145-164 (72-82 %)	142-161 (71-81 %)
3	165-174 (82-87 %)	162-171 (81-86 %)
4	175-184 (87-92 %)	172-181 (86-91 %)
5	185-200 (92-100 %)	181-200 (91-100 %)

Intensitetskalaen er lagd ut ifra en FP med en HF_{maks} på 200 slag/min⁻¹, og HF ved beregnet AT på 172 slag/min⁻¹ ved pretest.

3.4.1 Treningsgruppe

Forsøkspersonene (FP) i treningsgruppen gjennomførte mellom pre- og posttest et fastlagt treningsregime. FP gjennomførte tre standardiserte intervensjonsøkter i intensitetszone 3 per uke med en total dragtid på 60 minutter. I løpet av åtte ukers perioden ble det således 24 intervensjonsøkter. FP valgte selv hvilken dag de gjennomførte intervensjonsøktene, eneste krav var det skulle være en hviledag mellom hver intervensjonsøkt. Oppvarming til øktene var på cirka 30 minutter i intensitetszone 1. Det var til sammen seks drag på ti minutter per intervensjonsøkt. Pause mellom hvert drag var på to minutter. FP gjennomførte en intervensjonsøkt i bevegelsesformen klassisk rulleski annenhver uke. Resten av intervensjonsøktene ble gjennomført i bevegelsesformen rulleski skøyting. Det var et ønske om å få med godt trente langrennsutøvere som forsøkspersoner på studiet. Forsøkspersonene som ble rekruttert konkurrerte alle på nasjonalt høyde nivå, og disse kan være vanskelig å få med i en studie med helt styrt treningsregime. Derfor hadde FP muligheten til å legge inn to

konkurranser/testløp under åtte ukers perioden. Disse var istedenfor to av de standardiserte intervensjonsøktene. Dette var økter som kunne ha en høyere intensitet enn sone 3. FP brukte pulsklokke (Polar Electro, Finland) under alle intervensjonsøktene i intensitetssone 3. HF, bevegelsesform, terreng og subjektiv følelse ved gjennomføring av økt ble registrert på et skjema (se vedlegg V), som ble levert inn hver 14.dag for kontroll.

Hva FP trente utenom de oppsatte intervensjonsøktene var opp til hver enkelt utøver. De bestemte selv antall timer med trening i uka, og i hvilken aktivitet-/bevegelsesform det skulle gjøres i. Det var et krav om at all trening utenom intervensjonsøktene skulle være rolig, altså i intensitetssone 1 og/eller 2. Dette ble styrt med pulsbelte og pulsklokke. FP registrerte antall timer, intensitet og aktivitet-/bevegelsesform i treningsdagbok (vedlegg IV), og denne ble levert inn hver 14.dag. Det var et krav om at FP i treningsgruppen skulle trene minimum ti timer per uke og totalt 100 timer i løpet av de åtte ukene studiet foregikk. Trening de siste fire ukene før pretest ble også registrert i treningsdagbok. I tillegg til skjema og treningsdagbok, så fulgte studieleder opp FP ved telefonisk kontakt en gang per uke.

3.4.2 Kontrollgruppe

Treningen til forsøkspersonene i kontrollgruppen ble ikke styrt. Disse fortsatte med egen trening som normalt. Disse registrerte intensitet på trening ved hjelp av pulsbelte og pulsklokke. FP registrerte antall timer, intensitet og aktivitet-/bevegelsesform i treningsdagbok, som ble samlet inn etter forsøksperiode.

Det var et krav om at FP i kontrollgruppen skulle trene minimum 100 timer i løpet 8-ukersperioden mellom pre- og posttest. Trening de siste fire ukene før pretest ble også registrert i treningsdagbok.

3.5 Bearbeidelse av data

Alle data fra tester ble registrert på eget skjema. Data fra testing og gjennomført trening ble plottet inn på et egenkomponert Microsoft Excel-ark, der dataene ble videre bearbeidet og vurdert.

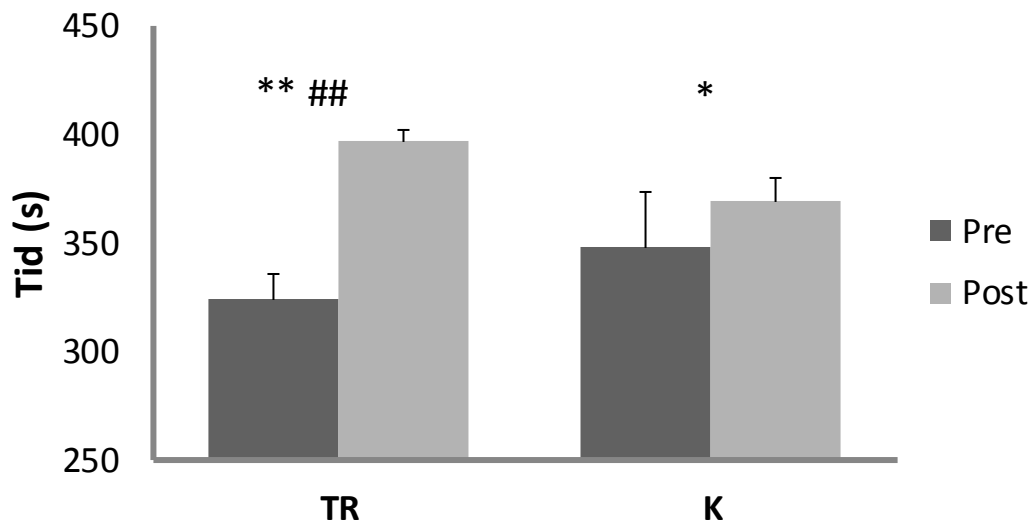
3.6 Statistikk

Deskriptiv statistikk ble brukt for å finne gjennomsnittstall med standard avvik (SD). Det ble brukt en tosidig parret t-test for parvis sammenligning av testdata mellom før- og etterverdier innad i treningsgruppen og kontrollgruppen. En uavhengig t-test ble brukt for å se på eventuelle signifikante endringer fra pretest til posttest mellom treningsgruppen og kontrollgruppen. Alle analysene ble gjort i Microsoft Excel 2010. I alle tester ble signifikansnivået satt til $p \leq 0,05$.

4. Resultater

4.1 Prestasjonsevne

Det ble funnet en signifikant økning i prestasjonsevnen, gitt som tid til utmattelse fra pretest til posttest i treningsgruppen ved rulleski skøyting ($p < 0,01$) og løp ($p < 0,05$). Samtlige FP i treningsgruppen hadde fremgang både ved rulleski skøyting og løp. Den gjennomsnittlige økningen i tid til utmattelse var på 22,7 % ved rulleski skøyting og på 20,4 % ved løp. Det var en signifikant forskjell i endringen i prestasjonsevne fra pretest til posttest mellom treningsgruppen og kontrollgruppen både ved rulleski skøyting ($p < 0,01$) og løp ($p < 0,01$).

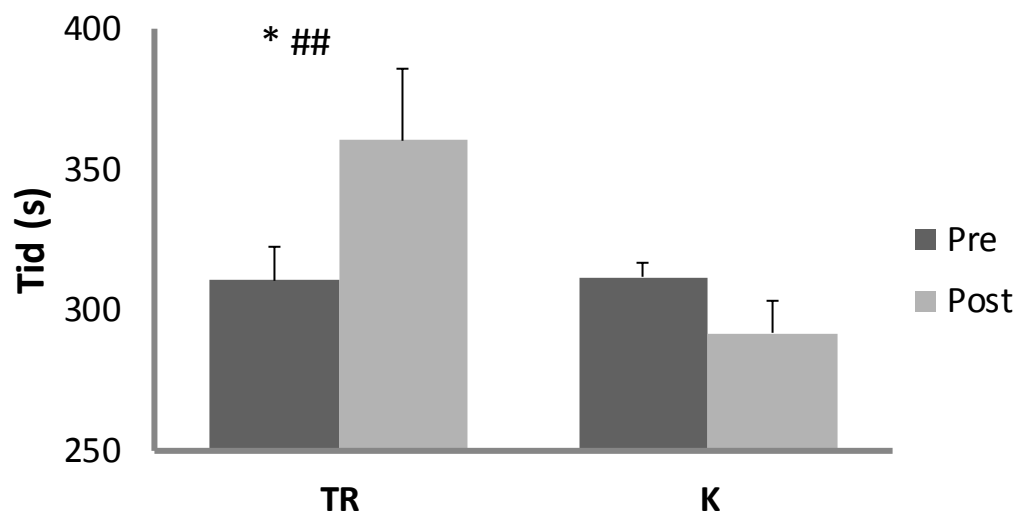


Figur 4.1: Viser endring på prestasjonstest ved rulleski skøyting på tredemølle fra pretest (Pre) til posttest (Post) i treningsgruppen (TR) og kontrollgruppen (K).

* $P < 0,05$, signifikant forskjell pretest til posttest.

** $P < 0,01$, signifikant forskjell pretest til posttest

$P < 0,01$, signifikant forskjell fra pretest til posttest i endring mellom trenings- og kontrollgruppe



Figur 4.2: Viser endring på prestasjonstest gitt som tid til utmattelse ved løp på tredemølle fra pretest (Pre) til posttest (Post) i treningsgruppen (TR) og kontrollgruppen (K).

* $P < 0,05$, signifikant forskjell pretest til posttest.

$P < 0,01$, signifikant forskjell fra pretest til posttest i endring mellom trenings- og kontrollgruppe.

4.2 Maksimalt oksygenopptak

Det var ingen signifikante endringer i VO_{2maks} fra pretest til posttest ved løp i treningsgruppen. Treningsgruppen øker VO_{2peak} (gitt $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) signifikant fra pretest til posttest ved rulleski skøyting ($p < 0,05$), men det var ingen signifikant forskjell i endring fra pretest til posttest mellom treningsgruppen og kontrollgruppen.

Tabell 4.1: Viser endring på VO_{2maks} og HF_{peak} ved løp på tredemølle og på VO_{2peak} og HF_{peak} ved rulleski skøyting på tredemølle, fra pretest (Pre) til posttest (Post) i treningsgruppen (TR) og kontrollgruppen (K).

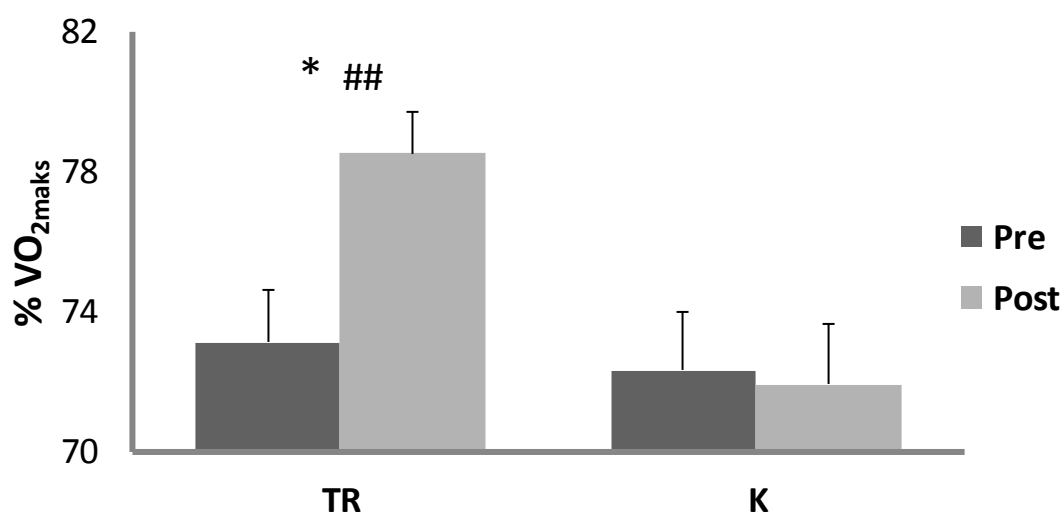
	TR (n=6)			K (n=5)		
	Pre	Post	% Δ	Pre	Post	% Δ
VO_{2peak} - rulleski						
$ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	66,7 ± 1,0	67,7 ± 1,1	+ 1,6 *	66,9 ± 1,7	65,7 ± 1,1	- 1,8
$l \cdot min^{-1}$	4,96 ± 0,13	5,05 ± 0,08	+ 1,7	4,84 ± 0,25	4,80 ± 0,19	- 0,8
VO_{2maks} - løp						
$ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	70,3 ± 1,4	71,5 ± 1,1	+ 1,7	73,8 ± 1,7	70,4 ± 1,2	- 3,4
$l \cdot min^{-1}$	5,21 ± 0,17	5,34 ± 0,15	+ 2,4	5,36 ± 0,31	5,10 ± 0,17	- 4,8
HF_{peak} (slag/min)						
Rulleski	197 ± 2	198 ± 3	+ 0,4	195 ± 2	193 ± 2	- 1,0
Løp	196 ± 2	197 ± 2	+ 0,1	195 ± 2	193 ± 2	- 0,7

Verdier er oppgitt som gjennomsnitt ± SD og gjennomsnittlig prosentvis endring (% Δ).

* $P < 0,05$, signifikant forskjell pretest til posttest.

4.3 Utnyttingsgrad

Det ble funnet en signifikant økning i utnyttingsgrad (% VO_{2maks}) under rulleski skøyting ved AT i treningsgruppen fra pre- til posttest ($p < 0,05$). Den prosentvise økningen av utnyttingsgraden på 7,4 % i treningsgruppen fra pretest til posttest var signifikant forskjellig fra endring i utnyttingsgraden på - 0,6 % i kontrollgruppen fra pretest til posttest ($p < 0,01$).



Figur 4.3: Viser endring på prosentdel av VO_{2maks} ved AT ved rulleski skøyting på tredemølle på 5 grader stigning fra pretest (Pre) til posttest (Post) i treningsgruppen (TR) og kontrollgruppen (K).

* $P < 0,05$, signifikant forskjell pretest til posttest.

$P < 0,01$, signifikant forskjell i endring fra pretest til posttest mellom trenings- og kontrollgruppe.

4.4 Arbeidsøkonomi

Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller på arbeidsøkonomien ved rulleski skøyting på hastighetene 2,75, 3,00 og 3,25 m/s⁻¹ i treningsgruppen fra pre- til posttest, og det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller i endringen på arbeidsøkonomi fra pretest til posttest mellom treningsgruppen og kontrollgruppen.

Det ble også gjort målinger på hastighetene 2,50 og 3,50 m/s⁻¹ og på målevariablene hjertefrekvens (HF) og ventilasjon (Ve). Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller mellom pretest og posttest eller i forskjell i endring fra pretest til posttest mellom treningsgruppen og kontrollgruppen på disse hastighetene eller målevariablene.

Tabell 4.2: Viser endring i arbeidsøkonomi på hastighetene 2,75, 3,00 og 3,25 m·s⁻¹ fra pretest (Pre) til posttest (Post) ved rulleski skøyting på tredemølle på 5 grader stigning i treningsgruppen og kontrollgruppen.

Hastighet (m·s ⁻¹)	Treningsgruppen				Kontrollgruppen			
	N	Pre	Post	% Δ	N	Pre	Post	% Δ
2,75								
VO ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	6	46,9 ± 0,5	46,8 ± 0,9	- 0,1	4	49,6 ± 1,16	47,9 ± 1,2	- 3,6
VO ₂ (l·min ⁻¹)	6	3,51 ± 0,11	3,49 ± 0,08	- 0,6	4	3,59 ± 0,15	3,48 ± 0,22	- 3,2
% VO _{2maks}	6	67,1 ± 0,9	65,6 ± 2,1	- 2,2	4	66,8 ± 3,2	68,5 ± 2,1	+ 2,5
3,00								
VO ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	6	51,1 ± 0,5	50,1 ± 0,9	- 1,8	5	66,9 ± 1,7	65,7 ± 1,1	- 1,8
VO ₂ (l·min ⁻¹)	6	3,80 ± 0,12	3,75 ± 0,12	- 1,6	5	3,81 ± 0,14	3,73 ± 0,07	- 2,3
% VO _{2maks}	6	72,7 ± 1,0	70,3 ± 2,1	- 3,4	5	71,9 ± 2,5	72,7 ± 1,8	+ 1,1
3,25								
VO ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	6	55,2 ± 0,6	53,6 ± 0,9	- 2,9	4	55,2 ± 0,7	65,7 ± 1,1	- 3,2
VO ₂ (l·min ⁻¹)	6	4,11 ± 0,13	4,00 ± 0,12	- 2,6	4	4,13 ± 0,17	4,02 ± 0,12	- 2,7
% VO _{2maks}	6	78,6 ± 0,9	75,2 ± 2,2	- 2,6	4	73,9 ± 1,7	76,3 ± 1,1	+ 3,3

Verdier er oppgitt som gjennomsnitt ± SD og gjennomsnittlig prosentvis endring (% Δ). Utnyttingsgrad er VO₂/VO_{2maks} (% VO_{2maks}) og er utregnet fra VO₂-verdiene i ml·kg⁻¹·min⁻¹.

4.5 Anaerob terskel

Det ble funnet en signifikant økning i hastighet ved beregnet anaerob terskel (vAT) i treningsgruppen fra pretest til posttest ($p < 0,01$). Den signifikante økningen i vAT i treningsgruppen på 13,1 % var signifikant større enn endringa i vAT i kontrollgruppen på -2,3 % ($p < 0,01$).

Det ble registrert en signifikant økning i VO_2 (både gitt i $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ og $l \cdot min^{-1}$), % VO_{2maks} , HF og % HF_{peak} ved anaerob terskel i treningsgruppen fra pretest til posttest, og det var en signifikant forskjell i endringen fra pretest av samtlige av disse parameterne mellom treningsgruppen og kontrollgruppen.

Tabell 4.3: Viser endring i beregnet AT fra pretest (Pre) til posttest (Post) ved rulleski skøyting på tredemølle i treningsgruppen og kontrollgruppen.

	Treningsgruppen (N=6)			Kontrollgruppen (N=5)		
	Pre	Post	% Δ	Pre	Post	% Δ
vAT (ms^{-1})	3,02 \pm 0,13	3,42 \pm 0,11	+ 13,1 ****	3,04 \pm 0,16	2,97 \pm 0,08	- 2,3
VO_2 ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	51,4 \pm 1,6	56,1 \pm 0,8	+ 9,2 ****	53,2 \pm 1,5	50,6 \pm 0,7	- 4,9
VO_2 ($l \cdot min^{-1}$)	3,83 \pm 0,11	4,19 \pm 0,11	+ 9,6 **	3,85 \pm 0,21	3,69 \pm 0,12	- 4,0
% VO_{2maks}	73,1 \pm 1,7	78,5 \pm 7,7	+ 7,4 ***	72,3 \pm 1,6	71,9 \pm 1,7	- 0,6
HF	174 \pm 5	180 \pm 5	+ 3,1 ****	176 \pm 5	169 \pm 6	- 4,3 *
% HF_{peak}	86,3 \pm 1,6	89,0 \pm 1,6	+ 3,1 ****	88,4 \pm 2,4	84,6 \pm 2,8	- 4,3 *

Verdier er oppgitt som gjennomsnitt \pm SD og gjennomsnittlig prosentvis endring (% Δ). Utnyttingsgrad (% VO_{2maks}) er utregnet fra VO_2 -verdiene i $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$.

* $P < 0,05$, signifikant forskjell pretest til posttest.

** $P < 0,01$, signifikant forskjell pretest til posttest.

$P < 0,05$, signifikant forskjell fra pretest til posttest i endring mellom trenings- og kontrollgruppe.

$P < 0,01$, signifikant forskjell fra pretest til posttest i endring mellom trenings- og kontrollgruppe.

4.6 Gjennomført trening

Under den åtte uker lange intervensjonsperioden gjennomførte treningsgruppen $22,6 \pm 0,4$ (94 %) av 24 intervensjonsøkter. Det var ingen signifikante forskjeller på fordeling i treningsintensitet, trening i forskjellige bevegelsesformer og total treningsmengde mellom treningsgruppen og kontrollgruppen i de 4 siste ukene før intervensjonsperioden. Under intervensjonsperioden ble det funnet signifikante forskjeller i utholdenhetstreningen i intensitetssonene 3 ($p < 0,01$), 4 ($p < 0,01$) og 5 ($p < 0,05$) og i bevegelsesformen rulleski skøyting ($p < 0,01$) mellom treningsgruppen og kontrollgruppen.

Tabell 4.4: Viser treningsfordeling av utholdenhetstrening i ulike intensitetssoner, styrketrening og spenst-/hurtighetstrening før og under intervensjonen for treningsgruppen (TR) og kontrollgruppen (K) gitt som treningstid (min) pr uke.

	Pre intervensjon (4 uker)		Under intervensjon (8 uker)	
	TR (N=6)	K (N=5)	TR (N=6)	K (N=5)
I-sone 1	554 \pm 57	579 \pm 123	620 \pm 49	674 \pm 32
I-sone 2	54 \pm 26	56 \pm 15	47 \pm 19	83 \pm 14
I-sone 3	36 \pm 5	29 \pm 11	170 \pm 11 ##	29 \pm 8
I-sone 4	27 \pm 9	21 \pm 6	8 \pm 2 ##	29 \pm 4
I-sone 5	11 \pm 3	18 \pm 9	2 \pm 1 #	17 \pm 5
Styrke	80 \pm 17	84 \pm 23	101 \pm 14	69 \pm 11
Spenst/hurtighet	17 \pm 24	17 \pm 9	23 \pm 5	21 \pm 7
Sum per uke	777 \pm 66	803 \pm 143	971 \pm 64	922 \pm 40

Verdier er oppgitt som gjennomsnitt \pm SD. Treningstid er fordelt i minutter per uke før og under intervensjonsperioden for treningsgruppen (TR) og kontrollgruppen (K).

$P < 0,05$, signifikant forskjell fra pretest til posttest i endring mellom trenings- og kontrollgruppe.
$P < 0,01$, signifikant forskjell fra pretest til posttest i endring mellom trenings- og kontrollgruppe.

Tabell 4.5: Viser treningsfordeling i forskjellige bevegelsesformer før og under intervensjonen for treningsgruppen (TR) og kontrollgruppen (K) gitt som treningstid (min) per uke. Tabellen viser også treningsøkter (antall) gjennomført per uke før og under intervensjonsperioden i treningsgruppen (TR) og kontrollgruppen.

	Pre intervensjon (4 uker)		Under intervensjon (8 uker)	
	TR (N=6)	K (N=5)	TR (N=6)	K (N=5)
Løp	183 ± 54	204 ± 27	198 ± 21	267 ± 20
Rulleski/ski klassisk	159 ± 23	123 ± 18	167 ± 30	164 ± 18
Rulleski/ski skøyting	180 ± 29	161 ± 26	263 ± 27 #	182 ± 23
Sykkel	150 ± 38	204 ± 42	208 ± 40	201 ± 29
Kajakk/roing	6 ± 5	0 ± 0	14 ± 14	2 ± 2
Ballspill	20 ± 12	27 ± 17	21 ± 5	37 ± 14
Styrke	80 ± 17	84 ± 23	101 ± 14	69 ± 11
Sum per uke	777 ± 65	803 ± 143	971 ± 64	922 ± 40
Tr.økter per uke	8,3 ± 1,5	8,6 ± 1,8	10,2 ± 1,3	9,9 ± 1,6

Verdier er oppgitt som gjennomsnitt ± SD. Treningstid er fordelt i minutter per uke før og under intervensjons-perioden for treningsgruppen (TR) og kontrollgruppen (K). Treningsøkter blir vist som totalt antall treningsøkter per uke før og under intervensjonsperioden for treningsgruppen (TR) og kontrollgruppen (K).

P < 0,05, signifikant forskjell fra pretest til posttest i endring mellom trenings- og kontrollgruppe.

5. Diskusjon

Hensikten med det foreliggende studiet var å undersøke hva slags effekt rolig utholdenhetstrening i intensitetssone 1+2 (tabell 3.2, side 31) og tre intervensjonsøker i intensitetssone 3 per uke i åtte uker hadde på prestasjonsevnen, VO_{2maks} utnyttingsgraden og arbeidsøkonomien hos godt trente mannlige langrennsutøvere i alderen 19-24 år.

Hovedfunnet i dette studiet var at prestasjonsevnen i treningsgruppen økte signifikant både ved rulleski skøyting ($p < 0,01$) og løp ($p < 0,05$) på tredemølle etter åtte uker, noe som var signifikant forskjellig fra endringen til kontrollgruppen ved rulleski skøyting ($p < 0,01$) og løp ($p < 0,01$). VO_{2maks} og arbeidsøkonomi hadde ingen signifikant endring, hverken i treningsgruppen eller i kontrollgruppen. Utnyttingsgraden ($p < 0,05$) og hastigheten ($p < 0,01$) ved anaerob terskel økte signifikant, og disse resultatene var signifikant forskjellig fra endringen av utnyttingsgrad ($p < 0,01$) og hastigheten ($p < 0,01$) ved anaerob terskel i kontrollgruppen.

5.1 Prestasjonsevne

Prestasjonsevnen i treningsgruppen økte signifikant med 22,7 % ved rulleski skøyting ($p < 0,01$) og 20,4 % ved løp ($p < 0,05$) i løpet av treningsperioden på åtte uker. Som beskrevet i teorikapittelet (2.1), så er det hovedsakelig VO_{2maks} , utnyttingsgraden og arbeidsøkonomien som er med på å bestemme prestasjonsevnen i idretter der den aerobe utholdenheten er viktig eller avgjørende. VO_{2maks} og arbeidsøkonomien hadde kun ikke-signifikante endringer fra pretest til posttest i treningsgruppen, noe som indikerer at den signifikante økningen i utnyttingsgraden ($p < 0,01$) er den faktoren som ser ut til å være hovedårsaken til den økte prestasjonsevnen i treningsgruppen. Dette gjelder bare for prestasjonsevnen ved rulleski skøyting, ettersom man ved løping kun testet prestasjonsevne og VO_{2maks} , og dermed ikke kan gi opplysninger eller data om hvordan utnyttingsgraden og arbeidsøkonomien ville ha blitt påvirket ved løp under de åtte ukene som dette studiet varte.

Endringen av prestasjonsevne i treningsgruppen fra pretest til posttest var signifikant høyere enn endringen i kontrollgruppen både ved rulleski skøyting ($p < 0,01$) og løp ($p < 0,01$) (figur 4.1, side 34 og 4.2, side 35). Ulikheter i resultater fra før og etter

forsøksperioden mellom treningsgruppen og kontrollgruppen er først og fremst forårsaket av gjennomført trening mellom gruppene i treningsperioden på åtte uker. Det var således en signifikant forskjell mellom treningsgruppen og kontrollgruppen når det gjaldt trening i bevegelsesformen rulleski/ski skøyting ($p < 0,05$) og trening i intensitetssonen 3 ($p < 0,01$), intensitetssonen 4 ($p < 0,01$) og intensitetssonen 5 ($p < 0,01$). I de andre bevegelsesformene og intensitetssonene (1+2) var det ingen signifikante forskjeller mellom treningsgruppen og kontrollgruppen i treningsperioden. Forskjellen i prestasjonsevnen i rulleski skøyting mellom treningsgruppen og kontrollgruppen kan forklares med at treningsgruppen trente mer rulleski skøyting og gjennomførte de aller fleste intervensjonsøktene (i intensitetszone 3) ved rulleski skøyting. Forskjellen i prestasjonsevne ved løp er vanskeligere å forklare, ettersom det ikke var en signifikant forskjell ved trening i bevegelsesformen løp mellom gruppene under treningsperioden. Treningsgruppen gjennomførte 17,5 % (170 av 971 minutter per uke) i intensitetszone 3, mens kontrollgruppen gjennomførte 9 % (75 av 922 minutter per uke) i intensitetssonene 3 til 5. Muligens kan denne store ulikheten av total treningstid i de tre intensitetssonene (3, 4, 5), som kan defineres som høyintensitetssoner, være noe av årsaken til at treningsgruppen økte prestasjonsevnen ved løp signifikant mer enn kontrollgruppa.

I det foreliggende studiet var den prosentvise økningen i prestasjonsevnen på 22,7 % i treningsgruppen ved rulleski skøyting lavere enn det som ble funnet i arbeidet til Seiler et al. (2011), hvor det ble det gjennomført en syv ukers studie på 37 syklister (31 menn og 6 kvinner) med en gjennomsnittlig VO_{2maks} ved pretest på $52 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. FP i studiet til Seiler et al. (2007) ble randomisert i fire treningsgrupper; 1) LOW: fem til seks treningsøkter per uke med kun lav til moderat treningsintensitet. 2) 4*16: to intervalløkter per uke på 4*16 minutter på 88 % av HF_{maks} . 3) 4*8: to intervalløkter per uke på 4*8 minutter på 90 % av HF_{maks} . 4) 4*4: to intervalløkter per uke på 4*4 minutter på 94 % av HF_{maks} . All trening ble gjennomført på sykkel eller inne på sykkelergometer. I arbeidet til Seiler et al. (2011) oppnådde LOW-gruppen ingen signifikant endring i prestasjonsevnen, mens alle «intervallgruppene» hadde en signifikant økning ($p < 0,05$) i prestasjonsevnen med henholdsvis 62 % (4*16), 91 % (4*8) og 63 % (4*4). I studiet til Seiler et al. (2011) ble fremgangen i prestasjon i intervallgruppene forklart med en økning av VO_{2peak} og arbeidsøkonomi. Utnyttingsgraden (% av VO_{2maks} på AT) er ikke oppgitt i dette arbeidet, og det er derfor

ikke mulig å si hvordan denne faktoren ville ha kunnet utviklet seg eller påvirket prestasjonsresultatene i forhold til andre faktorer. Resultatene i studiet til Seiler et al. (2011) viste at det var 4*8-gruppen som fikk størst fremgang av treningsgruppene. 4*8-gruppen gjennomførte intervalløkter (4*8 min på 90 % av HF_{maks}) som avviker noe fra hva treningsgruppen (6*10 min på cirka 81-86 % av HF_{maks}) i det foreliggende studiet gjennomførte. På grunn av dette kan man antyde at prestasjonsfremgangen i treningsgruppen i det foreliggende studiet, muligens ville blitt større hvis en hadde gjennomført intervensjonsøkter med en høyere treningsintensitet og en noe kortere total dragtid. Det skal påpekes at i studiet til Seiler et al. (2011) ble det benyttet en annen måte for å måle endringer i prestasjonsevne enn i det foreliggende studiet. I arbeidet til Seiler et al. (2011) ble prestasjonsevnen målt ved en utmattelsestest på beregnet 80 % av $powerVO_{2peak}$, mens i det foreliggende studiet ble prestasjonsevnen beregnet ut fra tid til utmattelse fra en VO_{2maks} -test (kap. 3.3.3.1, side 28). Denne forskjellen er sannsynligvis med på å forklare ulikhetene i den prosentvise økningen i prestasjonen observert i studiet til Seiler et al. (2011) og i det foreliggende arbeidet.

5.2 Maksimalt oksygenopptak

VO_{2maks} i treningsgruppen endret seg ikke signifikant fra pretest til posttest, og det var ingen signifikante forskjeller mellom treningsgruppen og kontrollgruppen. Noe av årsaken til mangelen eller den lille økningen (70,4 til 71,5 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) av VO_{2maks} i treningsgruppen i det foreliggende studiet, kan være at intensiteten på treningsøktene var for lav til å kunne føre til en større eller en signifikant økning av VO_{2maks} .

Intervensjonsøktene i treningsgruppen i dette studiet ble gjennomført i intensitetssone 3 som ble modifisert for hver enkelt FP ut ifra verdier fra AT ved pretest (kap.3.4.1, side 31). Resultatene fra pretest (tabell 4.5, side 39) viste at treningsgruppen hadde en gjennomsnittverdi på 86 % av HF_{peak} eller 73 % av VO_{2maks} ved AT. Dette betyr at FP i treningsgruppen gjennomførte all trening på en betydelig lavere treningsintensitet enn hva blant annet Helgerud et al. (2007) rapporterte som den treningsintensiteten som ga størst økning av VO_{2maks} i deres studie. Helgerud et al. (2007) gjennomførte et åtte ukers studie på 40 mannlige moderat trente personer med en gjennomsnittlig VO_{2maks} ved pretest på 58 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. FP ble randomisert i fire treningsgrupper; 1) LOW: intervensjonsøkter på 45 minutter kontinuerlig løping på 70 % av HF_{maks} . 2) AT: intervensjonsøkter på 24.25 minutter kontinuerlig løping på 85 % av HF_{maks} . 3) 15/15: intervensjonsøkter på 47*15 sekunder på 90-95 % av HF_{maks} med 15 sekunder pause

mellom hvert drag. 4) 4*4: intervensjonsøkter med 4*4 minutter på 90-95 av HF_{maks} med tre minutter pause mellom hvert drag. Intervensjonsøktene til treningsgruppene ble gjennomført tre ganger per uke ved løp på tredemølle. Resultatene fra Helgerud et al. (2007) sitt arbeid viste at de to treningsgruppene (15/15 og 4*4) som trente på 90-95 % av HF_{maks} , økte VO_{2maks} signifikant ($p < 0,01$) med henholdsvis 5,5 % (15/15) og 7,3 % (4*4) i løpet av treningsperiode på åtte uker, mens det derimot ikke ble funnet noen signifikant endring av VO_{2maks} i de to andre treningsgruppene (LOW og AT). Helgerud et al. (2007) hevdet at den signifikante økningen av VO_{2maks} i 15/15- og 4*4-gruppen var forårsaket av en signifikant økning av maksimalt slagvolum ($p < 0,05$) og derpå følgende en signifikant økning av maksimalt minuttvolum ($p < 0,05$). I LOW- og AT-gruppen Helgerud et al. (2007) ble det derimot ikke funnet noen signifikant endring fra pretest til posttest hverken av slagvolum eller minuttvolum. Treningsintensiteten som ble benyttet i LOW- og AT-gruppen i arbeidet til Helgerud et al. (2007), er sammenlignbart med det FP benyttet av treningsintensitet (70-86 % av HF_{maks}) i treningsgruppen i det foreliggende studiet. Resultatene fra studien til Helgerud et al. (2007) og deres argumenter for oppnådde resultater, kan muligens være med på å støtte opp under mulige forklaringer på mangelen på økning av VO_{2maks} i treningsgruppen i det foreliggende studiet. Dette gjør at man kan antyde at trening på en høyere treningsintensitet på intervensjonsøktene kunne ha ført til en større økning av slagvolum, minuttvolum og muligens VO_{2maks} i treningsgruppen i det foreliggende studiet. En annen årsak til mangelen eller den lille økningen av VO_{2maks} i treningsgruppen i dette arbeidet, kan være at personer som i utgangspunktet har et høyt aerobt utholdenhetsnivå, trenger lengre tid enn en periode på åtte uker for å oppnå en fortsatt økning av VO_{2maks} . Denne antagelsen støttes blant annet av resultater fra et åtte ukers studie av Acevedo & Goldfarb (1989), som benyttet syv godt trente ($65,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) mannlige løpere. I dette arbeidet ble det ikke funnet noen signifikant endring av VO_{2maks} til tross for gjennomføring av en økt mengde av høyintensiv trening. I studiet til Acevedo & Goldfarb (1989) ble det gjennomført tre høyintensive økter (90-95 % HF_{maks}) per uke i tillegg til fire økter med lav intensitet per uke (en nærmere opplysning om bruk av arbeidsintensitet ble ikke beskrevet i artikkelen). De mannlige løperne i studiet til Acevedo & Goldfarb (1989) trente i den samme eller tilsvarende treningsintensitet (90-95 % HF_{maks}) som beskrevet i arbeidet til Helgerud et al. (2007). Til tross for dette ble det ikke funnet noen økning av VO_{2maks} i studiet til Acevedo & Goldfarb (1989), noe som er i kontrast til den signifikante økningen av VO_{2maks} som ble

funnet i arbeidet til Helgerud et al. (2007). I studiet til Helgerud et al. (2007) ble det benyttet FP med en VO_{2maks} på $59,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (AT-gruppen), og FP ble beskrevet som studenter gjennomførte utholdenhetstrening minimum tre ganger i uken. I studiet til Acevedo & Goldfarb (1989) ble det benyttet FP med en VO_{2maks} på $65,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, og FP ble beskrevet som godt trente langdistanseløpere som konkurrerte aktivt innen løping. Denne ulikheten i VO_{2maks} hos FP i de to ovenfor nevnte studier, kan være med på å forklare denne forskjellen i utvikling av VO_{2maks} i løpet av forsøksperiodene. Disse resultatene støtter antagelsen om at utøvere på et høyt utholdenhetsnivå, som blant annet var tilfelle i det foreliggende studiet ($70,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), normalt trenger lengre tid enn åtte uker på å få en ytterligere økning av muligens VO_{2maks} .

5.3 Utnyttingsgrad

Den prosentvise økningen på 7,4 % av utnyttingsgraden i treningsgruppen fra pretest til posttest var signifikant ($p < 0,05$). Dette kan primært være forårsaket av en signifikant økning ($p < 0,01$) i oksygenopptaket (VO_2 i $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) ved AT i treningsgruppen fra pretest til posttest uten at VO_{2maks} endret seg signifikant. Økningen av VO_2 ved AT kan forklares med en lavere laktatkonsentrasjon i blodet ved en gitt treningsintensitet (% av VO_{2maks} eller % HF_{maks}), og at FP således kan arbeide på et høyere VO_2 og HF ved AT. Dette vil si en høyreforskyvning av laktatprofilen både under, ved og over AT. Denne forklaringen støttes av resultatene fra det tidligere nevnte studiet til Acevedo & Goldfarb (1989), der det ble funnet en signifikant økning ($p < 0,05$) av utnyttingsgraden over de åtte ukene studie varte. Forbedringen av utnyttingsgraden blir i dette arbeidet forklart med en signifikant ($p < 0,05$) lavere laktatkonsentrasjonen i blodet ved 80 og 85 % av VO_{2maks} , noe som igjen indikerer at en økt aerob energiomsetning kan finne sted før anaerob energiomsetning begynner å bidra noe vesentlig til den totale energiomsetningen.

I det foreliggende studiet var den prosentvise økningen av utnyttingsgraden til treningsgruppen på 7,4 % fra pretest til posttest signifikant større enn den prosentvise endringen i kontrollgruppen på -0,6 % ($p < 0,01$). Som beskrevet tidligere i diskusjonen, så trente treningsgruppen signifikant mer i bevegelsesformen skøyting og i intensitetssone 3. Ut ifra disse resultatene kan det tyde på at idrettsspesifikk trening og/eller på en treningsintensitet rett under/på AT (82 til 86 % av HF_{maks} i dette studiet)

har en positiv virkning på utnyttingsgraden, og videre den aerobe prestasjonsevnen på godt trente utøvere, allerede etter en såpass kort periode som åtte uker.

Den signifikante økningen av utnyttingsgraden i treningsgruppen i det foreliggende studiet avviker noe fra data rapportert i andre studier, som også har undersøkt trening med arbeidsintensitet rundt AT og noe lavere. I det tidligere nevnte arbeidet av Helgerud et al (2007) over syv uker, så blir det ikke funnet en signifikant endring av utnyttingsgraden i noen av treningsgruppene (LOW, AT, 15/15, 4*4). LOW- og AT-gruppen i studiet til Helgerud et al. (2007) trente på en treningsintensitet (85 % av HF_{maks} og lavere), som tilsvarer en treningsintensitet som treningsgruppen i det foreliggende studiet trente på. Hverken VO_2 eller HF ved AT forandret seg i LOW- og AT-gruppen i studiet til Helgerud et al. (2007), og dette er i klar kontrast til de resultatene som ble funnet i det foreliggende studiet. Forskjellen i dragtid på intervensjonsøktene, benyttet i disse to studiene, kan muligens være med på å forklare forskjellene i utnyttingsgraden funnet fra disse to arbeidene. AT-gruppen i studiet til Helgerud et al. (2007) gjennomførte intervensjonsøktene med en total dragtid på 24.25 minutter, mens i det foreliggende studiet gjennomførte FP intervensjonsøktene med en total dragtid på 60 minutter. Denne forskjellen alene er så vesentlig at den klart kan være med på å forklare forskjellene i resultatene av utnyttingsgraden mellom disse resultatene.

5.4 Arbeidsøkonomi

Resultatene fra det foreliggende studiet viste at arbeidsøkonomien til treningsgruppen forbedret seg noe, men ikke signifikant på de tre hastighetene (2,75, 3,00 og 3,25 m/s^{-1}) den ble målt på. Det var ingen signifikant forskjell mellom treningsgruppen og kontrollgruppen. En forklaring til mangelen på en forbedring av arbeidsøkonomien i treningsgruppen (og i kontrollgruppen), kan være at det foreliggende studiet kun strakk seg over åtte uker og at det tar lengre tid å forbedre arbeidsøkonomien noe vesentlig på personer, som allerede ligger på et høyt aerobt utholdenhetsnivå og har trent i flere år på den bevegelsesformen det ble testet i. Tilsvarende funn er rapportert fra tidligere studier på godt trente utøvere (65 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) der arbeidsøkonomien ikke ble forbedret i løpet av en relativt kort periode (seks til tolv uker) (Overend et al. 1992; Lake & Cavanagh, 1996). Studier på eliteutøvere i løping (Jones, 1998) og sykling (Coyle, 2005) har vist at det kan ta flere år å forbedre arbeidsøkonomien hos godt trente utøvere.

På den annen side fant Helgerud et al. (2007) en signifikant forbedring ($p < 0,05$) i samtlige treningsgrupper (LOW, AT, 15/15, 4*4) etter åtte uker med trening. I arbeidet til Helgerud et al. (2007) ble det funnet størst forbedring av arbeidsøkonomien i AT-gruppen (12 %). AT-gruppen i studiet til Helgerud et al. (2007) gjennomførte som nevnt tidligere intervensjonsøktene (85 % av HF_{maks}) på tilsvarende treningsintensitet som treningsgruppen (81-86 % av HF_{maks}) i det foreliggende studiet, og en kan således antyde at man kunne ha forventet en større forbedring av arbeidsøkonomien i treningsgruppen i det foreliggende studiet. I arbeidet til Helgerud et al. (2007) hadde AT-gruppen en VO_{2maks} på litt i underkant av $60 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ved pretest, mens i det foreliggende studiet hadde FP en VO_{2maks} rett i overkant av $70 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ved pretest, og denne forskjellen kan muligens være med på å forklare ulikhetene i endring av arbeidsøkonomi i AT-gruppen i arbeidet til Helgerud et al. (2007) og i treningsgruppen i det foreliggende studiet.

5.5 Hastighet ved AT

Hastigheten ved AT (vAT) økte signifikant ($p < 0,01$) med 13,1 % fra pretest til posttest i treningsgruppen. Økningen var signifikant ($p < 0,01$) forskjellig fra endringen i kontrollgruppen (- 2,3 %) fra pretest til posttest. Denne forskjellen av endringen av vAT mellom treningsgruppen og kontrollgruppen kan forklares i de signifikante forskjellene av gjennomført trening i treningsperioden i bevegelsesformen rulleski skøyting og intensitetssonene 3,4 og 5, som nevnt tidligere i diskusjonskapittelet.

vAT bestemmes primært av de samme faktorene som for prestasjonsevnen i aerobe utholdenhetsidretter, det vil si VO_{2maks} , utnyttingsgrad og arbeidsøkonomi (Svedenhag, 2000, Larsen, 2003). Som nevnt tidligere i diskusjonen så var det ingen eller kun små endringer av VO_{2maks} og arbeidsøkonomien i treningsgruppen i det foreliggende studiet, mens den siste hovedfaktoren, utnyttingsgraden, økte signifikant og er sannsynligvis hovedårsaken til at vAT økte signifikant. I tidligere nevnte arbeider fra Helgerud et al. (2007) og Seiler et al. (2011) oppnådde samtlige treningsgrupper i disse arbeidene en signifikant ($p < 0,05$) forbedring av vAT eller av antall watt produsert ved AT (wAT). Ingen av disse arbeidene har utnyttingsgraden som hovedårsaken til forbedringen av vAT eller wAT. Disse arbeidene forklarer heller økningen av vAT/wAT med en signifikant forbedret VO_{2maks}/VO_{2peak} og/eller signifikant forbedret arbeidsøkonomi. Denne forskjell i forklaring gitt i de forannevnte studiene (Helgerud et al., 2007; Seiler

et al., 2011) og i det foreliggende arbeidet kan muligens begrunnes med de tidligere nevnte forskjellene når det gjelder faktorer som treningsintensitet på intervensjonsøktene, lengden på intervensjonsøktene og/eller utholdenhetsnivå på FP.

I utholdenhetsidretter er det blitt vist en god korrelasjon mellom prestasjonsevne og arbeidsbelastning ved AT, og enkelte forfattere hevder at vAT er den enkeltstående faktoren som kan forutsi prestasjonen best i en utholdenhetsidrett som langdistanseløping (Svedenhag, 2000; Larsen, 2003). Rent teknisk krever måling av AT arbeid/løp helst på tredemølle eller løping på bane hvor hastighet eller arbeidsbelastning lett lar seg kontrollere. I en tradisjonell langrennskonkurranse, som f.eks. 15 km i WC, er det ganske annerledes ettersom terrenget gjør at man i deler av konkurransen ligger med en arbeidsintensitet langt over AT, og i perioder med en arbeidsintensitet godt under AT.

5.6 Begrensninger i studiet

En intervensjonsstudie kan være vanskelig å gjennomføre på en god måte ettersom det er mange ulike faktorer som kan påvirke resultatet. En begrensning kan være antall FP i studiet. Et større antall FP i treningsgruppen og kontrollgruppen kunne muligens ført til flere signifikante funn, ettersom noe av testdata hadde p-verdier som var nærheten av signifikansnivået 0,05. At FP i treningsgruppen økte (gjennomsnittlig) HF på AT med 6 slag/min⁻¹ i løpet av forsøksperioden kan ha vært et problem. Dette kan muligens ha betydd at intervensjonsøktene i I-sone 3 ble gjennomført på litt lavere treningsintensitet (gitt i laktatkonsentrasjon i blodet) på slutten av forsøksperioden enn i starten av perioden. Dette kunne ha vært unngått ved å ha en AT-test midt i mellom pre- og posttest, og eventuelt gjort en ny modifisering av den benyttede intensitetsskalaen. Et annet problem kan ha vært at den modifiserte intensitetsskalaen for FP kun ble beregnet ut ifra stilarten dobbeldans, og at den ikke var tilpasset de andre stilartene i skøyting. I tillegg gjennomførte FP hver sjette intervensjonsøkt som rulleski klassisk, og intensitetsskalaen var som nevnt ikke tilpasset til den bevegelsesformen, noe som igjen kan ha betydd at FP har trent på en noe feil arbeidsintensitet. At FP gjennomførte posttest på samme hastighet og stigning som ved pretest kan også ha vært en ulempe. Testresultatene viste en forbedring i prestasjonsevnen fra pre- til posttest, og man kan ikke utelukke at VO_{2maks} ved posttest ble gjennomført med noe for lav belastning for at man skulle kunne være sikker på at VO_{2maks} ble nådd.

6. Konklusjon

Funnene i denne studien viser at utholdenhetstrening under AT med 60 minutter i intensitetszone 3 (81-86 % HF_{peak} /68-73 % VO_{2maks}) tre ganger per uke sammen med langkjøringsøkter (45 minutter til 5 timer) i intensitetszone 1 og 2 (60-81 % HF_{peak}) gir en positiv effekt på prestasjonsevnen hos godt trente mannlige langrennsutøvere. Videre kan det se ut som en forbedring av prestasjonsevnen først og fremst kommer som en følge av en forbedret utnyttingsgrad. Det kan også se ut som VO_{2maks} og arbeidsøkonomi hos godt trente mannlige langrennsutøvere ikke blir påvirket noe vesentlig av utholdenhetstrening under AT i løpet av en periode på kun åtte uker.

Denne studien har vist at utholdenhetstrening under AT kan gi en positiv effekt på prestasjonsevnen hos godt trente mannlige langrennsutøvere i løpet av åtte uker med trening. Videre fremover bør det gjennomføres studier på utholdenhetstrening under AT, som går over en lengre periode (seks til tolv måneder). Det hadde også vært ønskelig med en studie der man kunne sammenlignet treningsgruppen som gjennomførte kun utholdenhetstrening under AT med en treningsgruppe som hadde gjennomført intervensjonsøkter med en høyere treningsintensitet (over 90 % av HF_{peak}). Det er viktig at kommende studier blir gjennomført også på personer med et godt utholdenhetsnivå (over $65 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), ettersom det ser ut som disse personene responderer noe annerledes på utholdenhetstrening enn hva mindre godt trente personer (under $60 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) gjør. Dette skulle tilsi at det fortsatt er et stort behov for flere studier innen blant annet de områder som er nevnt ovenfor.

Referanser

Aasen, S., Frøyd, C., Madsen, Ø., Sæterdal, R., Tønnessen, E. & Wisnes, A.R. (2005). *Utholdenhet: Trening som gir resultater*. Oslo: Akilles.

Acevedo, E.O. & Goldfarb, A.H. (1989). Increased training intensity effects on plasma lactate, ventilator threshold, and endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, 563-568.

Ainegren, M., Laaksonen, M.S., Carlsson, P. & Tinnsten, M. (2012). Skiing Economy and Efficiency in Recreational and Elite Cross-Country Skiers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, akseptert for publikasjon.

Andersen, P. & Henriksson, J. (1977). Capillary supply of the quadriceps femoris muscle of man: adaptive response to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 270, 677-690.

Bassett, D.R., Jr. & Howley, E.T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 70-84.

Berg, K. (2003). Endurance training and performance in runners: *Research limitations and unanswered questions*. *Sports Medicine*, 33, 59-73.

Bergh, U. & Forsberg, A. (1991). Influence of body mass on cross-country ski racing performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 1033-1039.

Beneke, R., Leithauser, R.M. & Hutler, M. (2001). Dependence of the maximal lactate steady state on the motor pattern of exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 35, 192-196

Beneke, R. (2003). Methodological aspects of maximal lactate steady-state-implications for performance testing. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 95-99.

Billat, L.V. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic interval training. *Sports Medicine*, 22, 157-175.

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 Sports Sciences*, 11, 49-55.

Bosquet, L.F., Leger, L. & Legros, P. (2002). Methods to determine aerobic endurance. *Sports Medicine*, 32, 675-700.

Coyle, E.F., Feltner, M.E., Kautz, S.A., Hamilton, M.T., Montain, S.J., Baylor, A.M. ... Petrek, G.W. (1991). Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 93-107.

Coyle, E.F. (2005). Improved muscular efficiency displayed as Tour de France champion matures. *Journal of Applied Physiology*, 98, 2191-2196.

Costill, D.L., Thomason, H. & Roberts, E. (1973). Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 5, 248-52.

Daussin, F.N., Zoll, J., Dufour, S.P., Ponsot, E., Lonsdorfer-Wolf, E., Doutreleau, S. ... Richard, R. (2008). Effect of interval versus continuous training on cardiorespiratory and mitochondrial functions: relationship to aerobic performance improvements in sedentary subjects. *American Journal of Physiology*, 295, 264-72.

Davies, C.T.M. & Thompson, M.W. (1979). Aerobic performance of Female Marathon and Male Ultramarathon Athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 41, 233-45.

Dempsey, J.A., Hanson, P. & Henderson, K. (1984). Exercise-induced arterial hypoxemia in healthy humans at sea-level. *Journal of Applied Physiology*, 55, 161-175.

Dempsey, J.A. & Wagner, P.D. (1999). Exercise-induced arterial hypoxemia. *Journal of Applied Physiology*, 86, 1997-2006.

Di Prampero, P.E. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 87, 420-429.

Di Prampero, P.E., Atchou, G., Brueckner, J. & Moia, C. (1986). The energetics of endurance training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 53, 259-266.

Eklom, B., Åstrand, P.O., Saltin, B., Stenberg, J. & Wallstrøm, B. (1968). Effect of training on circulatory response to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 24, 518-528.

Farrell P.A., Wilmore, J.H., Coyle, E.F., Billing, J.E. & Costill, D.L. (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Medicine and Science in Sports*, 11, 338-344.

- Forsberg, A. & Saltin, B. (1988). *Kondisjonstr ning i teori och praktik*. Idrottens forskningsråd/Sveriges riksiddrottsf rbund.
- Gledhill, N., Warburton, D. & Jamnik, V. (1999). Haemoglobin, blood volume, cardiac function, and aerobic power. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 24, 54-65.
- Hall n, J. (2002a). *Fysiologisk adaptasjon til utholdenhetstrening*. Artikkelsamling IBI 313 Fysiologisk adaptasjon til utholdenhetstrening. Oslo: Norges idrettshøgskole.
- Hall n, J. (2002b). *Hva bestemmer prestasjonen i utholdenhetsaktiviteter?* Artikkelsamling IBI 313 Fysiologisk adaptasjon til utholdenhetstrening. Oslo: Norges idrettshøgskole.
- Hall n, J. (2004). *Det maksimale oksygenopptakets betydning i utholdenhetsidretter*. I boka: Utholdenhetstrening, løping, sykling, langrenn. Red. Tjelta & Enoksen. Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Heinicke, K., Wolfarth, B., Winchenbach, P., Biermann, B., Schmid, A., Huber, G. ... Schmidt W. (2001). Blood volume and haemoglobin mass in elite athletes of different disciplines. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 504-522.
- Helgerud, J., Engen, L.C., Wisloff, U. & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 1925-31.
- Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M. ... Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 665-671.
- Hickson R.C. & Rosenkoetter M.A. (1981). Separate turnover of cytochrome c and myoglobin in the red types of skeletal muscle. *American Journal of Physiology*, 241, 140-144.
- Holloszy, J.O. & Coyle, E.F. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiology*, 56, 831-838.
- Ingham, S.A., Carter, H., Whyte, G.P. & Doust, J.H. (2008). Physiological and performance effects of low- versus mixed-intensity rowing training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40, 579-584.
- Ingjer, F. (1991). Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and med elite cross-country skiers. *Scandinavian Journal of Medicine in Sports*, 1, 25-30.

- Jones, A.M. (1998). A five year physiological case study of an Olympic runner. *British Journal of Sports Medicine*, 32, 39-43.
- Joyner, M.J. & Coyle, E.F. (2008). Endurance exercise performance: The physiology of champions. *Journal of Physiology*. 586, 35-44.
- Koc, M., Bozkurt, A., Akpınar, O., Ergon, N. & Acartürk, E. (2007). Right and left ventricular adaptation to training determined by conventional echocardiography and tissue Doppler imaging in young endurance athletes. *Acta Cardiologica*, 62, 13-18.
- Krahenbuhl, G.S. & Williams, T.J. (1992). Running economy; changes with age during childhood and adolescence. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 462-466.
- Lake, M.J. & Cavanagh, P.R. (1996). Six weeks of training does not change running mechanics or improve running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 13, 190-193.
- Larsen, H.B. (2003). Kenyan dominance in distance running. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A. Molecular & Integrative Physiology*, 136, 161-170.
- Mahood, N.V., Kenefick R.W., Kertzer, R. & Quinn, T.J. (2001). Physiological determinants of cross-country ski racing performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 1379-1384.
- McArdle, W.D., Katch, F.I. & Katch, V.L. (2007). Exercise physiology: Energy Nutrition & Human Performance. (6th ed.) Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Midgley, A.W., McNaughton, L.R. & Wilkinson, M. (2006). Is there an Optimal Intensity for Enhancing the Maximal Oxygen Uptake of Distance Runners? *Sports Medicine*, 36, 117-132.
- Millet, G.P., Dréano, P. & Bentley DJ. (2003). Physiological characteristics of elite short- and long-distance triathletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 88, 427-430.
- Moffatt, R.J., Stamford, B.A., Weltman, A. & Cuddihee, R. (1977). Effects of high intensity aerobic training on maximal oxygen uptake capacity and field test performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 17, 351-9
- Moser, T., Gjerset, A., Johansen, E. & Vadder, L. (1995). Aerobic and anaerobic demands in orienteering. *Scientific Journal of Orienteering*, 11, 3-30.

- Mygind, E., Larsson, B. & Klaussen, T. (1991). Evaluation of a specific test in cross-country skiing. *Journal of Sports Sciences*, 9, 249-257.
- Nymoen, P. (2003). *Treningsdagboka 2003*. Oslo, Norges Skiforbund.
- Richardson, R.S., Grassi, B., Gavin, T.P., Haseler, L.J., Tagore, K., Roca, J & Wagner, P.D. (1999). Evidence of O₂ supply-dependent VO_{2max} in the exercise-trained human quadriceps. *Journal of Applied Physiology*, 86, 1048–1053.
- Roels, B., Schmitt, L., Libicz, S., Bentley, D., Richalet, J.P. & Millet, G. (2005). Specificity of VO_{2MAX} and the ventilatory threshold in free swimming and cycle ergometry: comparison between triathletes and swimmers. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 965-968.
- Rundell, K.W. (1995). Treadmill roller ski test predicts biathlon roller ski race results of elite U.S. biathlon women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 1677-1685.
- Rusko, H. (2003). *Cross country skiing*. (Handbook of sports medicine and science series). Maiden, Mass.: Blackwell Science Ltd.
- Saltin, B. & Astrand, P.O. (1967). Maximal oxygen uptake in athletes. *Journal of Applied Physiology*, 23, 353-358.
- Saltin, B., Henriksson, J., Nygaard, E., & Andersen, P. (1977). Fibertypes and metabolic potentials of skeletal muscles in sedentary man and endurance runners. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 301, 3–29.
- Saltin, B. (1985). Hemodynamic adaptations to exercise. *American Journal of Cardiology*, 55, 42-47.
- Saunders, P.U., Pyne, D.B., Telford, R.D. & Hawley, J.A. (2004). Reliability and variability of running economy in elite distance runners. *Medicine of Science in Sports and Exercise* 36, 1972-1976.
- Scrimgeour A.G., Noakes T.D., Adams, B. & Myburgh K. (1986). The influence of weekly training distance on fractional utilization of maximum aerobic capacity in marathon and ultramarathon runners. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 55, 202-209.
- Seiler, S. (2010). What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5, 276-91.

- Seiler, S., Jøranson, K., Olesen, B.V. & Hetlelid, K.J. (2011). Adaptions to aerobic interval training: interactive effects of exercise intensity and total work duration. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, akseptert for publikasjon.
- Seiler, S. & Tønnesen, E. (2009). Intervals, thresholds, and long slow distance: the role of intensity and duration in endurance training. *Sportsscience*, 13, 32-53.
- Sjodin, B. & Svedenhag J. (1985) Applied physiology of marathon running. *Sports Medicine*, 2, 83-99.
- Sutton, J.R. (1992). Limitations to maximal oxygen uptake. *Sports Medicine* 13, 127-133.
- Sæterdal, R. & Wisnes, A.R. (2000). *Påvirkning og trening av langrennshastighet i skiskyting – friteknikk*. Oslo: Olympiatoppen.
- Svedahl, K. & Macintosh, B.R. (2003). Anaerobic threshold: The concepts and methods of measurement. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28, 299-323.
- Svedenhag, J. (2000). Endurance conditioning. In: R.J. Shephard & P.O. Åstrand (Eds.), *Endurance in sport*. (2nd ed.) (The Encyclopaedia of sports medicine: an International Olympic Committee publication; in collaboration with the International Federation of Sports Medicine; 2.) (pp. 290-296). Oxford: Blackwell.
- Wagner, P.D. (1991). Central and peripheral aspects of oxygen transport and adaptations with exercise. *Sports Medicine*, 11, 133-142
- Wenger, H.A. & Bell, G.J. (1986). The interactions of intensity, frequency and durations of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. *Sports Medicine*, 3, 346-356.
- Weston, A.R., Mbambo, Z. & Myburgh, K.H. (2000). Running economy of African and Caucasian distance runners. *Medicine of Science in Sports and Exercise*, 32, 1130–1134.
- Wilmore, J.H. & Costill, D.L. (2005). *Physiology of Sport and Exercise* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Zhou, B., Conlee, R.K., Jensen, R., Fellingham, G.W., George, J.D. & Fisher, A.G. (2001). Stroke volume does not plateau during graded exercise in elite male distance runners. *Medicine of Science in Sports and Exercise*, 33, 1849-1854.

Zoll, J., Sanchez, H., N'Guessan, B., Ribera, F., Lampert, E., Bigard X. ... Mettauer, B. (2002). Physical activity changes the regulation of mitochondrial respiration in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 15, 191-200.

Åstrand P.O., Rodahl, K.P., Dahl, H.A. & Strømme, S.B. (2003). *Textbook of work physiologi: Physiological bases of exercise (4th ed.)* Champaign, III.: Human Kinetics.

Vedlegg

I Prosjektgodkjenning

II Rekrutteringsskriv

III Informasjonsskriv til forsøkspersoner

IV Skjema, treningsdagbok

V Skjema, vurdering av intervensjonsøker



UNIVERSITETET I OSLO

DET MEDISINSKE FAKULTET

Professor dr.philos. Frank Ingjer
Norges idrettshøgskole
Pb. 4014 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Regional komité for medisinsk forskningsetikk
Sør- Norge (REK Sør)
Postboks 1130 Blindern
NO-0318 Oslo

Telefon: 228 450670

Telefaks: 228 44 661

E-post: rek-2@medisin.uio.no

Nettadresse: www.etikkom.no

Dato: 04.08.06

Deres ref.:

Vår ref.: S-06247

S-06247 **Påvirkninger av trening under anaerob terskel for mannlige langrennsløpere**

Vi viser til brev datert 10/7-2006 vedlagt revidert informasjonsskriv og samtykkeerklæring og søknad om opprettelse av forskningsbiobank.

Komiteen tar svar på merknader til etterretning.

Komiteen har ingen merknader til revidert informasjonsskriv og samtykkeerklæring.

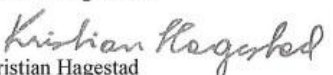
Komiteen har ingen merknader til søknad om opprettelse av forskningsbiobank.


Komiteen tilrår at prosjektet gjennomføres og at forskningsbiobank opprettes.

Komiteen videresender skjema for opprettelse av forskningsbiobank, revidert informasjonsskriv og samtykkeerklæring samt komiteens vedtak til Sosial- og helsedirektoratet for endelig behandling av opprettelse av forskningsbiobanken.

Vi ønsker lykke til med prosjektet!

Med vennlig hilsen


Kristian Hagestad
Fylkeslege cand.med., spes. i samf.med
Fungerende leder


Julianne Krohn-Hansen
Rådgiver
Sekretær

Kopi: Per Ola Gasmann, Brekkelia 3a, 0882 Oslo

Forsøkspersoner søkes til treningsstudiet:

”Påvirkninger av trening under anaerob terskel for langrennsutøvere”

Hvem:

Mannlige aktive langrennutøvere i alderen 17 til 35 år med maksimalt oksygenopptak (VO_{2max}) over $65 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

Hva:

Hensikten med treningsstudiet er å belyse eventuelle effekter/påvirkninger av 8 ukers trening med intensitet under anaerob terskel hos på godt trente langrennsutøvere. I en 8 ukers periode skal forsøkspersonene hver uke trene 3 intervalløkter i intensitetssone 3 i bevegelsesformen rulleski skøyting. Den resterende delen av utholdenhetstreningen skal gjennomføres på lav intensitet, det vil si intensitetssone 1 eller 2. Hvor mye eller hva slags trening som gjennomføres utover de tre obligatoriske intervalløktene er opp til hver enkelt forsøksperson å bestemme.

Hvor:

All testing vil foregå på Norges idrettshøgskole.

Når:

Det vil være to testperioder, en i slutten av juni og en i slutten av august. Hver testperiode krever to oppmøter på Norges Idrettshøgskole. Treningsperioden går i en 8 ukers periode mellom testperiodene fra slutten av juni til midten av august 2006

Fordeler ved å bli med:

- Du får en *stor individuelt tilpasset testpakke* som inneholder blant annet:
 - ✓ Du får testet oksygenopptaket på både løp og rulleski skøyting
 - ✓ Du får testet din anaerobe terskel og arbeidsøkonomi på rulleski skøyting

Annen info:

- Testene kan være fysisk krevende
- Det vil bli en tatt en dråpe blod under testene for å måle melkesyre nivået i blodet.
- Å være med på dette treningsstudiet er helt anonymt.
- Du har til enhver tid mulighet til å trekke deg når som helst uten å oppnå grunn

NB!

Denne treningen som det blir lagt opp til her, er i tråd med det som blir anbefalt av Olympiatoppen som god utholdenhetstrening i grunntreningsperioden på et relativt høyt nivå innen idretter som stiller store krav til aerob utholdenhet.

Virker dette interessant for deg, så ta kontakt for mer informasjon

Per Ola Gasmann

Mobil: 93096916

E-post: perolag3@hotmail.com

Forespørsel om deltakelse i prosjektet:

«Påvirkninger av aerob utholdenhetstrening under anaerob terskel for mannlige langrennsutøvere»

Informasjon til forsøkspersoner

Bakgrunn og hensikt

Det har alltid vært og kommer alltid til å være en diskusjon om hva som er beste måten å trene på. Spesielt de siste årene har det vært en debatt om hva som er den beste utholdenhetstreningen. Enkelte arbeider mener å bevise at høyintensiv og kort trening er den mest effektive måten å bli god på. De fleste innenfor langrenn velger fortsatt å trene på den tradisjonelle måten, det vil si mye mengde og mesteparten rolig trening.

Langrennsutøverne har ofte sine beste VO_{2max} -målinger sent på høsten. Det vil si etter en periode, der de fleste velger å trene mye rolig og lite høyintensivt. På bakgrunn av dette, ønsker jeg å gjøre en treningsstudie over en 8 ukers periode, der treningen til forsøkspersonene i treningsgruppen vil kun være relativt rolig (under anaerob terskel). Det vil hver uke bli satt opp tre standardiserte intervalløkter som alle skal kjøres i intensitetssone 3. Resterende trening skal være i de lavere intensitetssonene, I-sone 1 og 2. Treningsmengde vil være opp til hver enkelt forsøksperson, men med krav om at timer, intensitet og bevegelsesform rapporteres i treningsdagbok.

Det vil bli gjennomført tester før og etter treningsperioden på 8 uker. Testene vil foregå som løp og rulleski på tredemølle. Det vil være tester på maksimalt oksygenopptak, anaerob terskel og arbeidsøkonomi. Jeg vil se på hvilke påvirkninger denne treningen har gitt under perioden, og da spesielt på det maksimale oksygenopptaket.

Ved å delta på dette prosjektet vil du få stor individuelt tilpasset testpakke. Jeg vil også nevne at den treningen som det blir lagt opp til her, er i tråd med det som blir anbefalt av Olympiatoppen som god utholdenhetstrening i grunntreningsperioden på et relativt høyt nivå innen idretter som stiller store krav til aerob utholdenhet.

Jeg spør deg nå om å være forsøksperson i dette prosjektet. Det er viktig å være klar over at din deltakelse selvsagt er helt frivillig og at du kan trekke deg når som helst uten å oppgi noen grunn.

Omfang

Du må møte opp ved Norges idrettshøgskole fem til seks ganger. Varighet ved hvert oppmøte vil være rundt en time. Det vil være et til to oppmøter til tilvenning i mai/juni 2006. Ellers vil det være to testdager i juni og to testdager i august. Ved testing kan det oppstå feil, og du må være forberedt på at det kan være behov for en ny test. Mellom testene i juni og august vil det bli oppsatt et treningsregime i 8 uker, som du skal følge.

Gjennomføring

1-2 dager: Tilvenning til å løpe/gå på rulleski på tredemølle. Enkelte av testene vil også bli gjennomført.

Tidsbruk: Cirka 2 time, eller etter behov.

2 dager: **Pretesting:**

1) Testing av maksimalt oksygenopptak ved løping på tredemølle med 10 stigning. Tidsbruk: Cirka 1 time.

2) Testing av laktatprofil, maksimalt oksygenopptak ved rulleski på tredemølle. Tidsbruk: Cirka 1 time.

8 uker: **Treningsregime (kun for treningsgruppe)**

- Tre standardiserte intervalløkter i uka, alle i intensitetszone 3 og aktivitetsform rulleski skøyting og rulleski klassisk
- Utenom intervalltrening, kun rolig trening, det vil intensitetszone 1 og 2
- Mengde bestemmes selv

2 dager: **Posttesting:**

1) Testing av maksimalt oksygenopptak ved løping på tredemølle med 10 % stigning. Tidsbruk: Cirka 1 time.

2) Testing av laktatprofil, maksimalt oksygenopptak ved rulleski på tredemølle. Tidsbruk: Cirka 1 time.

Testprosedyrer

Måling av oksygenopptak

Ved testene måles oksygenopptaket. Hvor mye oksygen kroppen din forbruker til enhver tid, kan beregnes ved å sammenligne oksygeninnholdet i luften du puster inn med oksygeninnholdet i luften du puster ut. Forskjellen i mengden oksygen utgjør da forbruket. For å samle all utpustet luft må du under målinger puste gjennom en toveis ventil som tillater fri innpust av frisk luft, og som dirigerer utpustet luft til et analyseinstrument. Pusting i denne ventilen kan gi tørr hals og munn. Ventilen og munnstykket er grundig vasket og desinfisert.

Melkesyreprøver

For å måle hvor mye laktat det er i blodet stikkes det et lite hull med en tynn nål i en fingerspiss og en 50 µl (en liten dråpe) blodprøve tas ut for analyse. Dette vil bli gjort i etterkant av alle testene.

Din sikkerhet

Ved fingerstikk for blodprøvetakning benyttes sterilisert utstyr for å unngå infeksjoner.

All data vil bli behandlet etter regler som gjelder for anonymitet. Det betyr blant annet at navnet ditt aldri vil bli nevnt i forbindelse med resultatene. Det vil heller aldri bli gitt opplysninger om hvem som har deltatt i forsøket. Det opprettes en forskningsbiobank for lagring av testdata. Ansvarshavende for forskningsbiobanken vil være Frank Ingjer. Dere kan ved ønske få alle registrerte data av dere slettet.

Forberedelse til oppmøter

Det skal ikke nyes alkohol, snus eller tobakk siste 24 timer før oppmøter. Det skal ikke inntas mat eller drikke, foruten vann, de siste to timene før oppmøter. Dagen før oppmøter skal hard trening unngås.

Det er viktig at disse prosedyrene overholdes på grunn av at standardisering av betingelser sikrer en større pålitelighet ved testdata.

Krav til forsøkspersoner

Du er en aktiv langrennsløper. Dette innebærer at du går langrennskonkurranser, helst norgescup eller tilsvarende og har et maksimalt oksygenopptak på over 65 ml · kg⁻¹

$^1 \cdot \text{min}^{-1}$. Dette vil bli testet ved det første eller andre oppmøtet. Din alder er mellom 18 og 30 år.

Jeg håper at det virker interessant å delta som forsøksperson. Ønsker du flere opplysninger kan du kontakte:

Per Ola Gasmann, tlf. 93 09 69 16, e-post: perolag3@hotmail.com eller

Frank Ingjer, tlf. 23 26 23 19, e-post: frank.ingjer@nih.no eller

Jarle Ure, tlf. 23 26 23 08, e-post: jarle.ure@nih.no

Dersom du ønsker å være forsøksperson må du signere samtykkeerklæringen på neste side. Du bekrefter da at du har lest informasjonsskrivet og at du er inneforstått med innholdet.

Samtykke om deltakelse

Jeg har gjort meg kjent med informasjonsskrivet til forsøkspersoner for prosjektet: "Påvirkninger av aerob utholdenhets trening under anaerob terskel for langrennsutøvere", og ønsker å delta som forsøksperson. Jeg er klar over at det er frivillig å delta og at jeg kan trekke meg fra prosjektet når som helst uten å oppgi grunn.

Navn:

Tlf:

E-post:

Dato:

Sted:

Signatur:

Navn: _____
 Måned: _____
 Sesong: _____

Dato	Utholdenhet					Styrke			Bevegelsesformer										Kommentarer				
	Roilig	Moderat	L - AT	H - AT	Max O2	Generell	Spesiell	Maks	Hurtighet	Spent	Annet	Uttøyning	Løp / skigang	Ski		Rulleski		Sykkel		Kajakk / roing	Annet	Konkurransetid	
	I1	I2	I3	I4	I5									Klassisk	Skøyting	Klassisk	Skøyting						
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							
21																							
22																							
23																							
24																							
25																							
26																							
27																							
28																							
29																							
30																							
31																							

