

Fakultet for helse- og sosialvitenskap

Kjetil Andre Bjerkrheim

Masteroppgave

Effekten av 6-dagers HIT blokk med påfølgende 5-dagers
treningsreduksjon på prestasjonsvariabler hos langrennsløpere

Effect of 6-day HIT and 5-days taper on performance-related variables in cross-
country skiers

Mastergrad i Treningsfysiologi

2020

Forord

Først og fremst må jeg uttrekke en stor takk til Bent R. Rønnestad for god planlegging før prosjektet, veiledning under prosjektet og ved skriveprosessen.

I tillegg vil jeg takke Joar Hansen, Espen Holen og Gudmund Storlien for hjelp i forbindelse med testing, gjennomføring av treningsøkter, test av Hbmasse og analyse av blodprøver.

Takk til bachelor-studentene ved Høgskolen i Innlandet, campus Lillehammer: Lars Nymoen og Ingvill Odden for hjelp med gjennomføring av treningsøkter og testing.

Jeg vil også takke høyskolen i innlandet for lån av test laboratorium

Til slutt vil jeg takke alle deltagerne som deltok i studien, uten deres deltakelse og innsats hadde studien vært umulig å gjennomføre.

Kjetil Andre Bjerkrheim

Lillehammer, juni 2020.

Innholdsfortegnelse

Forord	2
Sammendrag	5
1 Teori	6
1.1 Langrenn som utholdenhetsidrett	6
1.2 Fysiologiske faktorer for utholdenhetsprestasjon	7
1.2.1 VO_{2maks}	7
1.2.2 Hematologi	8
1.2.3 Arbeidsøkonomi	9
1.2.4 Utnyttingsgrad og terskelhastighet	11
1.3 Høyintensiv intervalltrening (HIT)	13
1.4 Blokk periodisering av HIT	14
2 Introduksjon	17
2.1 Problemstilling	19
2.2 Hypotese	19
3 Metode	20
3.1 Etisk godkjenning	20
3.2 Forsøkspersonene	20
3.3 Eksperimentelt design	21
3.4 HIT øktene	22
3.5 Selvrappertert trening	24
3.6 Tester	25
3.6.1 Hemotokritt	25
3.6.2 Fysiske tester	25
Laktatprofil	26
VO_{2maks}	26
3.6.3 Hbmasse	27

3.7 Statistikk	28
4 Resultater.....	29
4.1 Pretest	29
4.2 VO_{2maks}	29
4.3 Hematologiske endringer	29
4.4 HF, $[l\dot{a}^-]$, opplevd belastning og arbeidsøkonomi på drag 2 fra laktatprofil	31
4.5 Reliabilitet av økt-design	32
4.6 Korrelasjon mellom variabler for utholdenhetsprestasjon	34
4.6.2 Korrelasjon mellom utholdenhetsvariabler	35
5 Diskusjon.....	36
5.1 Hovedfunn	36
5.2 Hb_{masse}	36
5.3 VO_{2maks}	37
5.4 Terskelhastighet	38
5.5 Snitthastighet siste minutt på VO_{2maks}-testen	40
5.6 Arbeidsøkonomi	41
5.7 Metodiske vurderinger	41
5.8 Praktiske vurderinger	42
5.7 Konklusjon	44
6 Referanser.....	44
7 Vedlegg	

Sammendrag

Formål: Å undersøke effekten av 6-dagers blokk med høyintensiv intervalltrening (HIT) med påfølgende 5-dagers treningsreduksjon, hos godt trente langrennsløpere.

Metode: 24 mannlige langrennsløpere (alder $21,5 \pm 2,6$ år, høyde 182 ± 5 cm, vekt: $75,9 \pm 4,9$ kg, maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}) $69,4 \pm 4,1$ ml/kg/min) ble delt inn i Blokkgruppe (Blokk) og Kontrollgruppe (Kontroll). Blokk gjennomførte 5 HIT-økter (6x5 minutter) over 6 dager, etterfulgt av 5 dager treningsreduksjon. Kontroll gjennomførte tradisjonell utholdenhetstrening. Ved pre- og post-test ble det gjennomført måling av hemotokritt, test av utholdenhetsvariabler og hemoglobinmasse (gram) (Hb_{masse}). Hovedvariablene var snitthastighet siste minutt i VO_{2maks} -testen, hastighet på LT ($4,0$ mmol/L [$l a^{-1}$]), Hb_{masse} , utnyttelsesgrad (% av VO_{2maks} ved LT), Arbeidsøkonomi, VO_{2maks} , samt hjertefrekvens (HF), laktatkonsentrasjon i blodet [$l a^{-1}$] og opplevd anstrengelse ved submaksimal belastning.

Resultat: Blokk hadde signifikant ($p = <0,05$) større økning i terskelhastighet enn Kontroll (hhv. $3,1 \pm 2,9\%$ mot $0,6 \pm 1,2\%$) og Hb_{masse} (hhv. $0,0 \pm 2,5\%$ mot. $-2,1 \pm 1,5\%$) samt tendens ($p = <0,10$) til større forbedring i snitthastighet siste minutt i VO_{2maks} testen (hhv. $3,1 \pm 3,1\%$ mot. $1,2 \pm 1,6\%$). I tillegg viste Blokk signifikant større reduksjon i HF og opplevd anstrengelse ved $11 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$ sammenliknet med Kontroll. Det ble ikke funnet gruppeforskjeller i VO_{2maks} , arbeidsøkonomi eller utnyttelsesgrad. **Konklusjon:** Blokk hadde signifikant større økning i terskelhastighet, Hb_{masse} , samt lavere HF verdier og opplevd anstrengelse på submaksimal belastning sammenliknet med Kontroll. Dette kan tyde på at en 6-dagers HIT blokk kan forbedre prestasjonsvariabler hos langrennsløpere. **Nøkkelord:** langrenn, høyintensitetstrening, blokkperiodisering, tradisjonell utholdenhetstrening.

1 Teori

Teoridelen vil ta for seg langrenn og de fysiologiske variabler som er med på å bestemme utholdenhetsprestasjon, samt hvilke treningsmetoder som forbedrer disse. Det vil også bli sett på tidligere studier som har undersøkt effekten av blokkperiodisering med høyintensiv intervalltrening (HIT).

1.1 Bakgrunn

Langrenn har blitt karakterisert som en typisk aerob utholdenhetsidrett. Dette er hovedsakelig på grunn av konkurransevarighet: 10km (ca. 25 minutter) til 50km (120 minutter) i distanselangrenn (Sandbakk & Tønnessen, 2012). Langrenn består av to teknikker; klassisk- og skøyteteknikk, som igjen innebærer flere underteknikker. Valg av underteknikk avhenger hovedsakelig av hastighet og fungerer derfor som et girsystem (Andersson et al., 2010; Losnegard et al., 2019; Marsland et al., 2017; Pellegrini et al., 2013). I motsetning til de fleste andre utholdenhetsidretter eksisterer det en betydelig variasjon i hastighet under konkurransene. Dette siden konkurransene består av omtrent en tredjedel motbakke, en tredjedel flatt og en tredjedel i utforterreng (FIS, 2019). Dermed brukes omtrent 55% av den totale tiden til å forsere motbakker, mens de resterende 25 og 20% blir brukt på flater og nedoverbakker. Det vil si at distansekonkurranser på 10–15 km eller fra 25 til 35 min vil innebære 12 til 18 minutter brukt i motbakker (~ 55%) og 6–8 minutter på flater (~ 25%) (Bolger et al., 2015). Imidlertid er varigheten for hver enkelt del av løypen (oppoverbakke, flatt eller nedoverbakke) vanligvis 10 til 35 sekunder og sjelden over 70 sekunder på en internasjonal konkerranseløype (Losnegaard et al., 2019). Dette indikerer også at bidraget til tidsbruk i motbakke, flater og nedoverbakke korrelerer med langrennsprestasjonen (Andersson et al. 2010; Sandbakk et al. 2011; Bolger et al., 2015). Med den store variasjonen i hastighet, helning og svinger vil skiløpere gjennomføre rundt 25 overganger mellom underteknikker per kilometer (Andersson et al., 2010; Marsland et al., 2017; Sandbakk et al., 2016; Solli et al., 2018). Derfor er evnen til å mestre et bredt spekter underteknikker og spesielt motbakketeknikk sett på som en av mange viktige faktorer for langrennprestasjonen.

1.2 Fysiologiske variabler for utholdenhetsprestasjon

Det forskes stadig på forskjellige metoder for å forbedre prestasjonsvariablene hos utholdenhetsutøvere. Utholdenhetsprestasjon bestemmes hovedsakelig av maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}), arbeidsøkonomi og utnyttingsgrad (Bassett & Howley, 2000; Pate & Kriska, 1984). En forbedring i en av disse variablene uten nedgang i noen av de andre, kan føre til en bedre utholdenhetsprestasjon (Losnegard, 2013).

1.2.1 VO_{2maks}

Langrenn er ansett som en av de mest krevende utholdenhetsidrettene og langrennsløpere har vist seg å ha noen av de høyeste VO_{2maks} verdiene gjennom tidene (Andersson et al., 2010; Saltin Åstrand., 1967). De beste kvinnelige og mannlige utøvere i langrenn har hatt en gjennomsnittlig VO_{2maks} på ca. 70 og 85 $mL \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$ (Sandbakk & Tønnessen, 2012).

VO_{2maks} er den maksimale evnen til å ta opp og omsette oksygen ved fysisk arbeid, og setter en øvre grense for aerob utholdenhetsprestasjon (Bassett & Howley, 2000; Bosquets, et al., 2002). I utholdenhetskonkurranser på ca. 30 minutter vil fordelingen av energifrigjøring være ca. 5-10% anaerobt og 90-95% aerobt (Tjelta & Enoksen, 2004). VO_{2maks} er også et mål på hvor mye energi(ATP) man klarer å produsere ved aerob energifrigjøring. For å kunne kontrahere og gjenta kontraksjonene er musklene i kroppen avhengig av å frigjøre ATP, og er en viktig mekanisme da kontraksjoner skjer flere tusen ganger under en utholdenhetskonkurranse (McArdle et al., 2014). VO_{2maks} bestemmes av sentrale faktorer som hjertet, lunger, blod, og perifere faktorer som muskelfibre, kapillærer, mitokondrie, og oksidative enzymer (Saltin, 1988; Bassett & Howley, 2000; Sandbakk et al, 2014; Lundby et al., 2017)

VO_{2maks} har vist stor sammenheng med hjertets minuttvolum, som er et produkt av slagvolum * hjertefrekvens (HF) (Ekblom & Hermansen, 1968; Pate & Kriska, 1984). Begrensningen til VO_{2maks} er blitt estimert til å være 70-80% knyttet til det maksimale minuttvolumet og blodets kapasitet for oksygentransport (Basset & Howley, 2000; Cerretelli & Prampero, 1987). Når HF ikke kan endres ved utholdenhets trening vil eventuell endring i det maksimale slagvolumet være årsak til endring minuttvolumet (Blomquist & Saltin, 1983). Vi kan se at det maksimale slagvolumet til elite utøvere er opptil dobbelt så stort som hos utrente personer (Ekblom & Hermansen, 1968). Det viser seg også at oksygenleveransen i blodet er det som hovedsakelig begrenser et individs VO_{2maks} (Basset & Howley, 2000). Oksygenleveransen starter med diffundering av oksygen fra alveolene i lungene via lungekapillærene til blodet

(McArdle et al., 2014). Denne diffusjonskapasiteten hos utholdenhetstrenerne personer er nært fullstendig mettet (ca. 95%) i arterielt blod, selv opp mot maksimalt aerobt arbeid i lavlandet. Hos utøvere på et enda høyere nivå (elite) er blodet bare ca. 90% mettet (Dempsey, Hanson, & Henderson, 1984). Forskjellen skyldes eliteutøverens store minuttvolum. Dette kan bli opptil dobbelt så stort som hos utrente personer. Når minuttvolumet øker ved maksimal belastning får blodet kortere diffusjonstid. Dette fordi blodet må gå raskere gjennom lungekapillærene som resulterer i redusert oksygenmetning. Lungekapillærene og lungenes maksimale diffusjonskapasitet responderer lite på trening. Med det kan vi skjønne at hos eliteutøvere har blodet mindre tid for å fylle på med oksygen (Dempsey et al., 2008; McKenzie, 2012). Etter 2-4 ukers nedtrening ble det observert reduksjon i både blodvolum og VO_{2maks} (Coyle, Hemmert og Coggan, 1986). Etter at blodvolumet hadde økt til pre-verdier igjen, observert de at det skjedde tilsvarende økning også i VO_{2maks} på tilnærmet samme nivå som før nedtreningen. Montero et al. (2015) observert økt VO_{2maks} og økning i hematologiske variabler (blodvolum, plasmavolum, volum av røde blodceller, og hemoglobinmasse (Hb_{masse}) etter 6 uker med utholdenhetstrening. Da de tok ut blod tilsvarende økningen av røde blodceller, gikk også VO_{2maks} tilbake til preverdi etter denne perioden. Med dette kan det antas at treningsinduserte endringer i VO_{2maks} hovedsakelig skyldes hematologiske endringer (Coyle et al., 1986; Montero et al., 2015)

1.2.2 Hematologi

Blodets evne til å frakte oksygenet ut til de arbeidende muskler bestemmes i hovedsak av hemoglobinet (Hb_{masse}) i de røde blodcellene (Hallén, 2004). Basert på hemoglobinet oppgave til å frakte oksygenet, er den totale Hb_{massen} en viktig faktor for VO_{2maks} (Heinicke et al., 2001), og dermed utholdenhetsprestasjon. Binding av oksygen er oppgitt til å være 1,34 ml til hvert gram hemoglobin, og normal Hb_{masse} er 120-160 gram per liter blod (Hallén, 2004; Saltin, 1988).

Ved utholdenhetstrening kan man også oppnå økning i plasmavolum (Fellmann, 1992). Det antas at en ekspansjon av plasmavolum fører til redusert hematokrittverdi (HCT), da en antatt funksjon i nyrene (krittmetere) leser av HCT, og deretter regulerer EPO-utskillelsen (Donnelly, 2001; Dunn et al., 2007; Montero & Lundby, 2018). Krittmeteret har som oppgave å lese av og stabilisere HCT ved omtrent 45%, som er antas å være den optimale verdien for leveranse av oksygen i blodet, ved å regulere EPO-utskillelsen som igjen påvirker volumet av røde blodceller (Donnelly, 2001; Dunn et al., 2007). Ved en ekspansjon i plasmavolum vil HCT og arterielt oksygeninnhold synke (Montero & Lundby, 2018). Ved denne reduksjonen vil

kritmeteret funksjonen i nyrene øke EPO-utskillelsen, og dermed føre til økt produksjonen av røde blodceller og Hb_{masse} for å kunne stabilisere HCT på et optimalt nivå (Montero & Lundby, 2018).

Det har også blitt observert stor korrelasjon mellom blodvolum og $VO_{2\text{maks}}$ (Montero & Lundby, 2018). Blodvolum hos godt trente er målt fra 7-9 L, det er opptil 50% mer blodvolum enn hos en normal person (Saltin, 1988). En studie viste til utøvere som fikk tilført blod, dette ga økt blodvolum og Hb_{masse} som igjen ga $VO_{2\text{maks}}$ en tilsvarende økning (Montero & Lundby, 2018). Utholdenhetsutøvere kan ha opptil 40% større volum av Hb_{masse} enn normale utrente personer (Lundby et al., 2017; Schmidt & Prommer, 2008). Det er vist at det er selve utholdenhetstreningen som bidrar til økning i blodvolum og Hb_{masse} , og som konsekvens av dette øker $VO_{2\text{maks}}$ (Lundby & Montero, 2017). Tidligere observasjoner har vist at det tar minst 4 uker med utholdenhetstrening før man ser en økning i volum av røde blodceller og Hb_{masse} (Warburton et al., 2004; Montero et al., 2017). Dette kan også støttes av en 12 ukers periodisering med HIT blokk som ga en økning av Hb_{masse} hos en gruppe godt trente sykelister (Rønnestad et al., 2012). Disse syklistene fikk dermed en økt $VO_{2\text{maks}}$, terskelhastighet, samt forbedring i 40 minutters all out-test. Lignende funn ser etter 6 uker med utholdenhetstrening som resulterte i økt mengde blodvolum, plasmavolum, volum av røde blodceller, Hb_{masse} og tillegg bedret skjelettmuskulære tilpasninger (Montero et al., 2015). Konsekvensen av disse hematologiske endringene ble en tilsvarende økning i $VO_{2\text{maks}}$. Dette ble bekreftet da det ble tatt ut samme mengde blod som tilsvarte økningen av røde blodceller hos deltakerne, da kunne man se at $VO_{2\text{maks}}$ gikk ned tilsvarende verdi som uttak av blod (Montero et al., 2015).

1.2.3 Arbeidsøkonomi

Arbeidsøkonomi vil i denne oppgaven bli definert som oksygenforbruk på en gitt submaksimal arbeidsbelastning (Jones & Carter, 2000). Arbeidsøkonomi er en viktig påvirkningsfaktor for utholdenhetsprestasjon (Bassett & Howley, 2000). Spesielt hos utøvere som har relative like forutsetninger i $VO_{2\text{maks}}$ og utnyttingsgrad har det vise seg at arbeidsøkonomien kan være en avgjørende faktor som er med på å skille utøveres prestasjon (Horowitz et al., 1994). Dette kan også være grunnen til at utøvere med lavere $VO_{2\text{maks}}$, prester bedre enn utøvere med høy $VO_{2\text{maks}}$ fordi arbeidsøkonomien er relativt mye bedre (Lucia et al., 2002; Foster & Lucia, 2007). Flere studier har vist til en korrelasjon mellom høy andel type-1 fibre og god arbeidsøkonomi (Bartsow & Goldfarb, 1989; Hansen & Sjøgaard, 2007; Saunders et al., 2004). Dette kan også ses i studien til Horowitz, et al (1994) som

sammenlignet prestasjon hos syklister med tilnærmet lik VO_{2maks} og utnyttingsgrad. Her kunne man se at syklister med større andel type 1-fibre (>56%) i vastus lateralis, ble observert til 9% høyere gjennomsnittskraft i en 60 minutters prestasjonstest. Dermed ser det ut som type 1-fibre er mer energi-økonomisk enn type 2-fibre ved lengre sykkelkonkurranser (Horowitz et al., 1994). I langrenn har det blitt observert at maksimal styrketrening forbedrer prestasjonen og har direkte sammenheng med arbeidsøkonomien (Hoff et al., 1999; Hoff et al. 2002; Østerås et al., 2002) Dette fordi langrennskonkurranser innebærer variasjon i terreng, hastighet, frekvens og teknikker (Andersson et al., 2010; Marsland et al., 2017; Sandbakk et al., 2016; Solli et al., 2018). Samtidig observerte Losnegard et al. (2011) ingen funn av forbedringer i arbeidsøkonomi etter en periode med maksimal styrketrening.

I tillegg bestemmes arbeidsøkonomien i langrenn i stor grad av teknikkutførelse som går ut på å ha så høy hastighet som mulig med bruk av så lite ytre- og indre arbeid som mulig (Rusko, 2003). Hvor store bremsekrefter som settes inn ved fotisettet er en viktig faktor for arbeidsøkonomien i løping, og det samme kan også gjelde for stavisettet i langrenn (Kyröläinen et al., 2001; Rusko, 2003; Støren et al., 2011). For å unngå stort ytre- og indre arbeid i fristilsteknikken i langrenn, er det viktig med en god teknikk hvor mest mulig kraft i stavgang og skiskyv går i hensiktsmessig retning (Rusko, 2003).

Tyngdeoverføring og balanse er de mest sentrale grunnprinsippene i langrennsteknikk, og er vesentlige for å få skape mest mulig kraft i riktig retning (Sandbakk & Tønnessen, 2012). Bedring av tyngdeoverføring og balanse vil kunne resultere i kraftigere skyv i en bedre og mer effektiv retning, og dermed skape større fremdrift over lengre tid. Dette gir altså, i tillegg til en bedre arbeidsøkonomi, bedre topphastighet. Derfor er det viktig for en langrennsløper å klare å flytte tyngden over til den skien som det skal skyves ifra med, slik at mest mulig kraft kan produseres mot underlaget (Rusko, 2003; Sandbakk & Tønnessen, 2012). Dette er i likhet med Newtons 3. lov om kraft og motkraft: når et legeme påfører en kraft på et annet legeme, vil dette legemet svare med samme motkraft (Holand, 2011).

Frekvens og bevegelsessyklus har også vist seg å være en bestemmende faktor for arbeidsøkonomien (Foss & Hallén, 2005; Støren, 2009). Ved å fullføre bevegelsessyklusen raskere, vil det forlenge tiden for oksygentilførsel til de arbeidende musklene. I en bevegelsessyklus vil muskelkontraksjon klemme av blodårene i muskelen som hindrer at oksygenrikt blod når musklene. Oksygenrikt blod strømmer til musklene når musklene slapper av etter kontraksjonen. Ved en raskere kontraksjonsfase med samme syklusfrekvens

resulterer i økt tid med muskelavslapningen og gir dermed bedre blodgjennomstrømming og tid til leveranse av oksygen. Dette betyr at mer energi kan produseres aerobt, og unngår opphopning av laktat [$lactate$] (McArdle et al., 2014). Dette er vist å være positivt for selve utholdenhetsprestasjonen, samt at økt laktatkonsentrasjon har vist å gi en dårligere arbeidsøkonomi (Hoff et al., 2016).

Som tidligere nevnt er terrenget i langrenn-konkurranser svært variert (FIS, 2019), og de forskjellige delteknikkene er mer arbeidsøkonomiske enn andre ved bruk på de forskjellige steder i løypa (Sandbakk et al., 2016). Kvamme et al. (2005) observert at padleteknikk var mest økonomisk i motbakke over 4.5° , og ved slakere motbakker var dobbeldans den mest økonomiske teknikken. Teknikkvalg er også vist å bestemmes av lengden på motbakken og utøverens hastighet (Andersson et al., 2010). Dermed kan valg av teknikk i de forskjellige terrenntypene påvirke arbeidsøkonomien (Rusko, 2003; Kvamme et al., 2005)

Det viser seg at trening med et høyt volum på lav intensitet over en lengre periode er en effektiv metode for å forbedre arbeidsøkonomien (Lucía et al., 2002; Quatman-Yates et al., 2012; Scrimgeour et al., 1986). Sammenheng mellom mengde med HIT og forbedring i arbeidsøkonomi har også blitt observert (Hopker et al., 2009). Videre ser vi at relativt korte treningsperioder forventes det ingen eller mindre endringer av arbeidsøkonomien hos godt trente og elite utøvere (Hopker et al., 2009; Impellizzeri & Marcora, 2007; Mølmen et al., 2019; Rønnestad et al., 2010;) På bakgrunn av dette kan man anta at en kombinasjon av HIT og LIT over lengre tidsperiode kan gjennomføres for å oppnå bedre arbeidsøkonomi.

1.2.4 Utnyttingsgrad og terskelhastighet

Utnyttingsgrad er prosentvis andel av VO_{2maks} som en utøver klarer å utnytte under en utholdenhetskonkurranse (McArdle, 2014). Utnyttelsesgraden avhenger av lengden på konkurransetiden, jo lengre tidsforbruk, jo lavere % vis andel av VO_{2maks} klarer man å utnytte (Sandbakk & Tønnessen, E, 2014. Støa et al. (2010) mener at utnyttelsesgraden i konkurranser med varighet <20 minutter, ikke har påvirkning for utholdenhetsprestasjon, fordi ved konkurransetid <20 minutter er VO_2 -forbruket vist å være nær maks uansett (95-100%) hos godt trente utholdenhetsutøvere (Støa et al., 2010). Vi ser at ved lengre konkurranser blir man tvunget til å gå ned på intensitet og belastning, og da blir utnyttelsesgraden blir en mer avgjørende faktor for prestasjonen (Tjelta & Enoksen, 2004). Som tidligere nevnt har langrenns-konkurranse for menn, utenom sprint distansen en varighet

oftest over 25 minutter (Sandbakk & Tønnessen, 2014), og derfor vil utnyttelsesgraden være en viktig utholdenhetsfaktor for prestasjon i langrenn (Støa et al., 2010).

Arbeidsøkonomi og spesielt VO_{2maks} er observert til å være de viktigste faktorene for bestemmelse av utnyttingsgraden (Støa et al., 2010). Derfor er disse faktorene spesielt viktig å forbedre, hvis man skal kunne øke utnyttelsesgraden. Da det også viser seg at de aller beste langrennsløperne klarer å arbeide på en høyere % av VO_{2maks} enn de nest beste (Sandbakk & Tønnessen, 2014). Siden utnyttelsesgraden varierer med lengden på konkurransen er den veldig vanskelig å måle nøyaktig. For estimering av utnyttelsesgraden kan det benyttes laktatprofil, som er en trinnvis test med økende belastning. På denne testen tar man laktatkonsentrasjonsmålinger i blodet for hver enkelt belastning, til oppnådd laktatterskel (LT) (Tønnesen & Rønnestad, 2018).

Vi skal være forsiktige med å sammenlikne utnyttingsgraden da de finnes flere metoder å definere LT på (Tønnesen & Rønnestad, 2018). I denne oppgaven vil VO_2 ved LT uttrykt i prosent av VO_{2maks} være definert som utnyttingsgrad. Tidligere litteratur observerer at eliteutøvere har høyere LT uttrykt i % av VO_{2maks} enn mindre trente og utrente personer, (Åstrand et al., 2003; Joyner & Coyle, 2008). Tidligere studier har observert at godt trente utøvere har LT på 75-90% av VO_{2maks} , men påstår at dette er lite trenbart (Helgerud et al., 2007; Støren et al., 2012; Sunde et al., 2010; Rønnestad et al., 2012;). I motsetning observerer vi forskjeller, da de høyeste publiserte målingene av utnyttelsesgraden hos elite utøvere i utholdenhetsidretter er 85 - 90% av VO_{2maks} på LT (Costill et al., 1973; Conley & Krahenbuhl, 1980; Burtscher et al., 2011), mens hos moderat trente viser utnyttelsesgraden å være fra 70-75% av VO_{2maks} (Sjødin & Svendhaug, 1985; Helgerud et al., 2007).

Mange studier observerer bruk av utholdenhetstrening hos godt trente ikke øker utnyttelsesgraden. Det kan være fordi studiene innebærer korte intervensjonsperioder (<12 uker) (Breil et al., 2010; Clark et al., 2014; Rønnestad et al., 2016; Rønnestad & Vikmoen, 2019; Støren et al., 2012). Utnyttelsesgraden ser ut til å kunne forbedres ved utholdenhetstrening, men da kreves det trening med over lengre tid. Dette kan ses i lys ved en studie som har fulgt idrettsutøvere over flere år, og observerer økt utnyttelsesgrad. Rusko, et al. (1987) fulgte finske unge skiløpere fra 17 til 19 år i 4 år, de økte utnyttelsesgraden fra 73 til 78% av VO_{2maks} ved LT også de under 17 år økte utnyttelsesgraden med 71 til 75% i skigang. Dette kan vise at det er mulig å øke utnyttelsesgraden ved LT med systematisk trening på lang sikt, fordi forbedringen skyldes perifere faktorer som mitokondrie, oksidative enzymer, kapillærer og laktat transportører (Coyle, 1995; Holloszy, 1967; Joyner & Coyle, 2008).

Vi observerer også at det er stor sammenheng mellom belastning ved LT (terskelhastigheten) og utholdenhetsprestasjon (Basset & Howley, 2000; Gjerset et al, 2005; Pate & Kriska, 1984). Tidligere studier har også funnet at forbedret utholdenhetsprestasjon ikke alltid skyldes økning i VO_{2maks} , men heller er en konsekvens av økt terskelhastighet og utnyttelsesgrad (Evertsen et al., 2001; Issurin, 2008; Sandbakk et al., 2013). Her beskrives også at redusert $[la^-]$ ved intensitet som er høyere enn LT som positivt for utholdenhetsprestasjon. Høyere terskelhastighet kan forklares ved blant annet økning i eliminasjonen av laktat (Evertsen et al., 2001). Det antas at aktive musklene får en bedret evne til å aerobt produsere ATP som en antatt forklaring på bedre prestasjon (Laursen & Jenkins, 2002). Terskelhastighet har vist å ha en god treningsrespons også på kort sikt. Helgerud et al. (2007) har blant annet funnet økt terskelhastighet etter 8 uker med HIT. Forbedring av terskelhastigheten blir spekulert om er bestemmelse av VO_{2maks} og forbedret arbeidsøkonomi (Helgerud et al., 2007; Støren et al., 2014).

Ved å utføre regelmessige laktatprofil- og VO_{2maks} -tester, vil utøveren få en god indikasjon og sammenligne utnyttelsesgrad, terskelhastighet og VO_{2maks} (Sandbakk, Ø & Tønnessen, E, 2014).

1.3 Høyintensiv intervalltrening (HIT)

Høyintensiv intervalltrening (HIT) er i dag en av de mest effektive metodene for å påvirke kardiorespiratorisk- og metabolsk funksjoner, og dermed påvirke den fysiske prestasjonen hos utholdenhetsutøvere (Bucheit & Laursen, 2013). HIT involverer som regel korte til lange repeterte intervaller med høy intensitet, med pauser mellom intervallene, dette er anvendt av utøvere nesten i et århundre (Billat, 2001). Viktigheten av HIT kan vises til funn av god korrelasjon mellom treningsintensitet og prestasjonsvariabler hos eliteutøvere (Mujika et al, 1995; Billat et al., 2003) Det er blitt forslått at HIT økter som er på eller nær VO_{2maks} maksimerer stresset til oksygentransporten og utnyttelsessystemet, og vil derfor gi stimuli til VO_{2maks} (Laursen, 2002; Midgely & McNaugh, 2006). Itilegg viser det seg at alle fibertypene blir aktivert og gradvis tømmes for glykogen ved intensitet over 90% VO_{2maks} . Dermed stimulere denne intensiteten hovedsakelig aerobkapasitet ved aktivering av oksidative type-1 fibre, men også anaerobkapasitet ved aktivering av glykolytiske type-2 fibre (Gollnick et al, 1974; Vøllestad et al, 1984)

For å måle kvaliteten på HIT har det vist seg å at tiden over 90% av VO_{2maks} man er i løpet av HIT kan være en god indikasjon på økt-kvaliteten (Turnes et al., 2016). Da den optimale

intensiteten for stimuli til utholdenhetsvariabler er blitt foreslått å være over 90% av VO_{2maks} (Billat, 2001; Laursen, 2002; Wenger and Bell, 1986). Fordi intensitet over 90% av VO_{2maks} kan føre til økt blodvolum, maksimalt slagvolum og perifere muskel adaptasjoner og dermed forbedre viktige variabler for utholdenhetsprestasjon (Midgley et al., 2006; Astorino et al., 2017). Det har derfor også blitt økende interesse for optimalisering av HIT protokoller som kan øke tiden over 90% av VO_{2maks} (Midgely & McNaugh, 2006)

Variasjon i belastningen innad i arbeids-dragene mot bruk av kontinuerlig belastning har vist å kunne øke den totale tiden over 90% av VO_{2maks} (Buchheit & Laursen, 2013). Det kan utføres ved å arbeide på en høyere belastning i starten av arbeidsdraget, etterfulgt av lavere belastning som har vist å gi et totalt høyere gjennomsnittlig VO_2 forbruk enn bruke av kontinuerlig belastning. Det er fordi VO_2 stiger raskere fra start av draget som et resultat av den høyere belastningen ed påfølgende lavere belastning som viser det at VO_2 ikke synker nevneverdig. Med gjentakelse av denne variasjonen i løpet av drag vil også føles mindre belastende enn ved bruk av kontinuerlig belastning (Bilat et al., 2013; Bossi et al., 2020; Rønnestad et al., 2019) Samtidig må vi også ta hensyn til tidligere treningsregimer som er utført av utholdenhetsutøvere på topp nivå. Disse utøverne har gjennomført tradisjonell utholdenhets trening med høyt volum av LIT kombinert men mindre mengde MIT og HIT som har vist å forbedre utholdenhetsprestasjon (Seiler & Tønnesen, 2009; Laursen, 2010; Solli et al., 2019). Det betyr at alle intensitetssonene kan være med på å forbedre hjertets- og skjelettmuskulaturens metabolske funksjoner. Dermed er alle intensitetene viktig å implementere i treningsprogrammet for å videre-forbedre variabler for utholdenhetsprestasjon hos godt trente utholdenhetsutøvere (Bucheit & Laursen, 2013; Solli et al., 2017).

1.4 Blokk periodisering av HIT

For å kunne optimalisere prestasjonen inn mot en utholdenhetskonkurranse vil bruk av en reduksjon i treningsbelastningen effektivt for å oppnå optimal prestasjon (Abury et al., 2014). Denne reduksjonen har som hovedmål å redusere trøtthet, psykologisk- og fysiskstress fra tidligere treningen uten tap av fysiske prestasjonsvariabler, for at prestasjonen skal bli best mulig (Mujika & Padilla, 2003).

Treningsbelastning i forkant av reduksjonsperioden har vist seg å være svært avgjørende for påvirkning av prestasjonen. Med økning av treningsbelastning med 20% de siste fire ukene før planlagt toppform ga bedre prestasjon en å ikke øke belastningen viste en teoretisk studie med funn fra en matematisk modell (Smith, 2003). Andre studier har observert at 40% økning

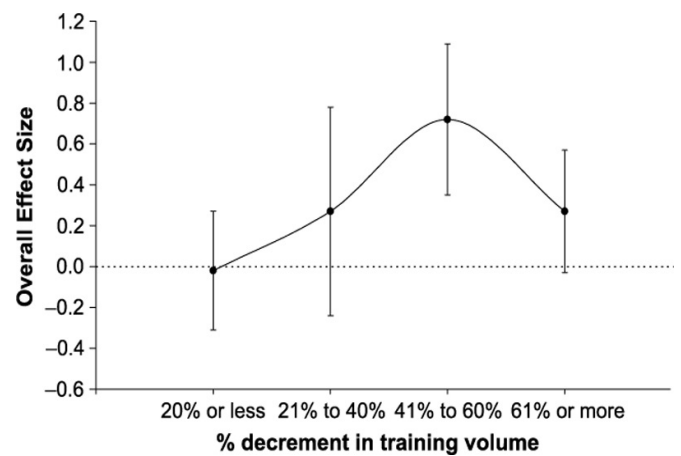
av treningsbelastning har gitt bedre prestasjon enn bruk av normal belastning i 2-4 uker før formtoppingen (Abury, et al., 2014; Le Meur., et al., 2013). Dette er formtoppingens første fase og kalles formoppkjøring (Tønnessen & Rønnestad, 2018).

Etter formoppkjøringen trenger man som tidligere nevnt en treningsreduksjonsperiode. Hvor lang perioden skal være etter formoppkjøringen, henger sammen med hvor lang og belastende formoppkjøringen har vært. En metaanalyse med undersøkelse av 27 formtoppingsstudier viste til økt utholdenhetsprestasjon ved treningsreduksjonsperiode fra 1 til 4 uker. Her kunne man observere at de aller beste prestasjonsresultatene ble gjort rundt 2 uker etter formoppkjøringsperioden (Bosquet et al., 2007). Da

med hensyn til at treningsreduksjonsperioden består av 41-60% reduksjon i treningsmengden (Figur 1). Dette vil ikke si reduksjon i treningsfrekvens eller intensitet, men reduksjon i total mengde for optimalisering av prestasjonen. Det var påpekt at å holde oppe intensitet og treningsfrekvensen var viktig (Bosquet et al., 2007). Også Neary et al. (2003) undersøkte treningsreduksjon, og gjennomførte tre forskjellige reduksjonsmengder over 7 dager, med hhv 30%, 50% og 80% treningsreduksjon. Der gruppen med 50% reduksjon resulterte til størst forbedring i prestasjonen med 5,4% (Neary et al., 2003). Det er også observert ingen negativ endring for utholdenhetsvariabler eller for selve utholdenhetsprestasjonen etter kun 6 dagers treningsreduksjon med 50% og 75% etter en normal treningsperiode (Mujika et al., 2000).

Abury et al. (2014) undersøkte effekten av 3-ukers formoppkjøring med påfølgende 4-ukers reduksjonsperiode, dette ga 2,1% forbedring i sykkelprestasjon. I motsetning viste en annen studie ingen endring i prestasjon etter 4-ukers treningsreduksjon (McConnell et al., 1993).

Med bruk av 4-ukers treningsreduksjon kan forbedre prestasjonen, men samtidig kan det være risikabelt, da man kan miste den oppnådde forbedringen fra formoppkjøringsperioden. Dette fordi treningsreduksjonsperioden kan bli for lang, som vil gi for lite stimuli over tid som kan resultere i nedgang i forskjellige prestasjonsvariabler (Bosquet et al., 2007). Ved implementering av kortere treningsreduksjonsperiode (ca. 2 uker) kan være mer effektivt og oppnå bedre prestasjonsresultater (Bosquet, et al., 2007). Itilegg ser man at det er store individuelle responser ved bruk av treningsreduksjon, og derfor er det viktig å teste ut



Figur 1: Effektstørrelse på %vis reduksjon av trening i formtoppings perioden (Bosquet et al., 2007)

formtopping før man eventuelt skal bruke det før viktige konkurranser (McNeely & Sandler, 2007).

Midt i konkurransesesong er det ikke lett å gjennomføre formoppkjøringsperiode med 2-4 uker med påfølgende 2-ukers treningsreduksjon. Dette er ofte vanskelig fordi det kan være høy tetthet av konkurranser og eventuell sykdom (Tønnesen & Rønnestad, 2018). Derfor kan komprimert formtopping være effektiv metode til å forbedre prestasjon inn mot en spesiell konkurranse ved tett konkurranseplan eller hvis det er mange viktige konkurranser man vil toppe prestasjonen til (Tønnessen & Rønnestad, 2018). Rønnestad & Vikmoen. (2019) undersøkte effekten av 6 dagers formoppkjøring med HIT, med påfølgende 5-dagers treningsreduksjon. Her ble det observert forbedring i VO_{2maks} med ca. 4% og i 1-min maks kraft under VO_{2maks} -testen med ca. 5%, i tillegg til tendens til forbedring ved terskelhastighet (4 mmol/L, $[la^-]$). Andre studier har tidligere undersøkt komprimert formtopping har observert forbedring i utholdenhetsprestasjon med 3% til 10% hos godt trente utholdenhetsutøvere (Houmard et al., 1994; Clark et al., 2014; Rønnestad et al., 2017).

2 Introduksjon

Langrenn blir sett på som en av de mest krevende utholdenhetsidrettene med konkurranser som utfordrer hvert trinn i oksygentransportkjeden. Utholdenhetsprestasjon bestemmes hovedsakelig av maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}), arbeidsøkonomi og utnyttingsgrad (Bassett & Howley, 2000). En forbedring i en av disse faktorene, uten nedgang i noen av de andre, kan føre til en bedre utholdenhetsprestasjon (Losnegard, 2013). Her ses VO_{2maks} på som den aller viktigste faktoren for prestasjon i langrenn (Andersson et al., 2010; Holmberg et al., 2007; Saltin & Åstrand, 1967; Tjelta & Enoksen, 2004). Begrensningen til VO_{2maks} er blitt estimert til å være 70-80% knyttet til hjertets maksimale minuttvolum og blodets kapasitet for oksygentransport (Basset & Howley, 2000; Cerretelli & Prampero, 1987). Blodets evne til å frakte oksygenet ut til de arbeidende musklene bestemmes av Hb_{masse} i de røde blodcellene (Hallén, 2004). Det er vist at selve utholdenhetsstreningen bidrar til økning av Hb_{masse} , som dermed bidrar til økning i VO_{2maks} (Lundby & Montero, 2017). Tidligere observasjoner har vist at det tar minst fire uker med utholdenhets trening før man ser en økning i volum med røde blodceller og Hb_{masse} (Warburton et al., 2004; Montero et al., 2017).

Arbeidsøkonomi, utnyttelsesgrad og terskelhastighet har også blitt omtalt som en viktige faktorer for utholdenhetsprestasjon (Bawsett & Howley, 2005; Gjerset et al., 2005; Pate & Kriska, 1984). Her viser det seg at utnyttingsgrad er trenbart hos godt trenete, men det kreves som regel lengre perioder med utholdenhets trening for å observere endringer (Joyner & Coyle, 2008; Rusko et al., 1987). Arbeidsøkonomien viser seg å være bestemmende i stor grad av teknikk med elementer som tyngdeoverføring, balanse, frekvens og bevegelsesyklus (Foss & Hallén, 2005; Rusko, 2003; Støren, 2009). I tillegg er muskelfiber fiber type-1 er observert å være mer energi økonomisk enn type-2 fibre (Horowitz et al., 1994). Her observerer vi at spesifikk utholdenhets trening over lengre tid med lav intensitet forbedrer arbeidsøkonomien i utholdenhetsidretter (Lucía et al., 2002; Quatman-Yates et al., 2012; Scrimgeour et al., 1986). Vi observerer også at det er stor sammenheng mellom belastning ved LT (terskelhastigheten) og utholdenhetsprestasjon (Basset & Howley, 200; Gjerset et al, 2005; Pate & Kriska, 1984). Vi ser hos noen av verdens beste utholdenhetsutøvere i forskjellige idretter er observert å øke terskelhastigheten som også hadde sammenheng med økt hastigheten ved submaksimale laktatnivåer som var antatt årsak til deres gode prestasjoner (Bourgeois et al., 2014; Jones, 2006; Solli et al, 2017).

Tidligere studier har også funnet at forbedret utholdenhetsprestasjon ikke alltid skyldes økning i VO_{2maks} , men heller er en konsekvens av økt terskelhastighet og utnyttelsesgrad

(Evertsen et al., 2001; Issurin, 2008; Sandbakk et al., 2013). Her beskrives også at redusert $[la^-]$ ved intensitet som er høyere enn LT som positivt for utholdenhetsprestasjon. Høyere terskelhastighet kan forklares ved blant annet økning i eliminasjonen av laktat (Evertsen et al., 2001). Forbedring av terskelhastigheten blir spekulert om er bestemmelse av VO_{2maks} og forbedret arbeidsøkonomi (Helgerud et al., 2007; Støren et al., 2014). Terskelhastighet har vist å ha en god treningsrespons også på kort sikt. Helgerud et al. (2007) har blant annet funnet økt terskelhastighet etter 8 uker med HIT. Terskelhastighet har også blitt observert forbedret etter komprimert HIT med påfølgende treningsreduksjonsperiode (Clark et al., 2014; Houmard et al. 1994; Rønnestad & Vikmoen, 2019).

På bakgrunn av dette er derfor treningen primært rettet mot utholdenhetskapasitet. Der den vanligste treningsmodellen inkluderer 700–850 timer med utholdenhets trening, fordelt som 90% LIT, 4–5% med MIT, og 5–8% med HIT for langrennsløpere (Rusko, 1987; Sandbakk & Holmberg, 2014; Tønnessen et al., 2014). Selv om HIT-øktene normalt bare utgjør en til tre av de ukentlige treningsøktene eller ~20% av total årlige antall økter hos utholdenhetsutøvere (Seiler et al., 2013; Stöggl & Sperlich, 2015) er det HIT øktene i seg selv som er spesielt viktige for å forbedre variabler for utholdenhetsprestasjon (Laursen & Jenkins, 2002; Buchheit & Laursen, 2013). For å måle kvaliteten på HIT økter har det vist seg å at tiden over 90% av VO_{2maks} man er i løpet av HIT kan være en god indikasjon på økt-kvalitet (Turnes et al., 2016). Dette fordi intensitet over 90% av VO_{2maks} fører til økt blodvolum, maksimalt slagvolum og perifere muskel adaptasjoner, og dermed er med på å forbedre prestasjonsvariabler (Midgley et al., 2006; Astorino et al., 2017). Implementering av variasjon i belastningen innad i arbeids-dragene har vist å kunne øke den totale tiden over 90% av VO_{2maks} mot konstant belastning (Buchheit & Laursen., 2013). Dette fordi VO_2 stiger raskere fra start av draget som konsekvens av høyere belastningen, deretter kommer en påfølgende lavere belastning som ikke er observert til å redusere VO_2 -forburket (Bilat et al., 2013; Rønnestad et al., 2019; Bossi et al., 2020) For å forbedre variabler for utholdenhetsprestasjonen videre hos godt trente- og elite-utøvere kan man øke antall HIT-økter eller blokk periodisere HIT øktene. Dette må gjennomføres uten å øke total treningsmengde, som er observert til å være en effektivt metode for å utvikle prestasjonen videre hos allerede godt trent utøvere (Astorino et al., 2017; Blomqvist & Saltin, 1983; Laursen & Jenkins, 2002; Mølmen et al., 2019; Rønnestad et al., 2012; Rønnestad et al, 2014; Rønnestad et al., 2018; Støren et al, 2012; Wahl et al, 2013).

Det foreligger per nå noen, men få studier som undersøker effekten av komprimert HIT blokk med påfølgende treningsreduksjon hos godt trente utøvere. Det legges også merke til at ingen av de studiene som er blitt funnet har implementert langrennsutøvere (Breil et al., 2010; Clark et al., 2014; Houmard et al., 1994; Rønnestad & Vikmoen, 2019)

2.1 Problemstilling

Hvilken effekt fører 6-dagers HIT blokk med påfølgende 5-dagers treningsreduksjon på prestasjonsvariabler hos langrennsløpere?

2.2 Hypotese

6-dagers HIT blokk fører til større forbedring i prestasjonsvariabler enn ved tradisjonell utholdenhetstrening hos godt trente langrennsløpere.

3 Metode

3.1 Etisk godkjenning

Prosjektet ble godkjent av Lokaletisk komite ved Høgskolen i Innlandet, campus Lillehammer, Norge. Før deltakerne kunne delta, skrev de under på samtykkeskjema for deltakelse av studien (vedlegg 1). Prosjektet fulgte retningslinjene til Helsinkideklarasjonen.

3.2 Forsøkspersonene

29 aktive mannlige langrennsløpere og skiskyttere ble rekruttert til prosjektet. Deltakerne ble delt i to homogene grupper i samråd med deltakernes trenere. Blokk (n=15): eksperimentell gruppe som utfører 6-dagers blokk med høyintensiv trening etterfulgt av 5-dager med treningsreduksjon og Kontroll (n=14) som utfører tradisjonell trening.

Inklusjonskriteriene var mannlige langrennsløper eller skiskytter (16-30 år), ha testet >65 ml/kg⁻¹/min⁻¹ i VO_{2maks}, og trent over 10 timer per uke de siste 6 månedene.

Eksklusjonskriterier var ved fravær i 1 eller flere blokk økter og ved sykdom underveis eller i forkant av intervensjonen. 29 deltakere gjennomførte begge pre-testene. Underveis i intervensjonen måtte 3 deltakere fra Blokk avbryte resterende trening og tester pga. årsak som ikke var relatert til intervensjonen. Resterende 26 deltagere utførte hele intervensjonen. I kontrollgruppen ble det i etterkant av intervensjonen fjernet 2 deltakere da det ble oppdaget sykdom i forkant av prosjektet, noe som gir feilvisende resultater. Totalt ble 24 deltakere inkludert og fordelt i to homogene grupper (Blokk, n=12; Kontroll, n=12, Tabell 1). Ved utregning av hematologiske verdier måtte 3 deltaker bli ekskludert pga. feil måling ved post test.

Tabell 1: Karakteristikk for Blokk og Kontroll ved pretest. Verdier er oppgitt i gjennomsnitt ± standardavvik.

	Blokkgruppe	Kontrollgruppe	p-verdi
	(N=12)	(N=12)	
Alder (År)	21,2 ± 2,9	21,8 ± 2,2	0,53
Høyde (cm)	182 ± 5	182 ± 5	0,71
Vekt (kg)	75,1 ± 4,1	76,7 ± 5,7	0,45
VO_{2maks} (ml/kg/min)	69,6 ± 4,3	69,2 ± 4,1	0,67

Trening som ble utført fire uker i forkant av intervensjonen ble kategorisert i en 3-soner's modell (LIT; 60%-82%, MIT; 83%-87% og HIT; 88%-100% av HF_{maks}) (Sylta, et al, 2014).

Hvis trening ble utført under 60% av HF_{maks} ble det registrert som LIT. For utregning av den total treningsbelastning av utholdenhetstrening ble TRIMP benyttet. TRIMP ble kalkulert ved tid brukt i intensitetssone multiplisert med 1, 2 og 3: LIT x 1, MIT x 2 og HIT x 3 (Lucia et al 2003). Her ble 1 deltager i hver fraværende da de ikke hadde ført inn trening. Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller i treningsbelastning 4 ukene i forkant av intervensjonen mellom gruppene (Tabell 2).

Tabell 2: Treningsdata for Blokk og Kontroll de 4 ukene før intervensjonstart. Sonene er oppgitt i % av HF_{maks} . Verdier (timer: minutter) er oppgitt i gjennomsnitt \pm standardavvik. p-verdi er beregnet mellom gruppene.

	Blokk(n=11)	Kontroll(n=11)	p
LIT (60-82%)	36:02 \pm 18:46	29:19 \pm 18:01	0,67
MIT (83-87%)	1:47 \pm 1:53	1:22 \pm 1:02	0,57
HIT (88-100%)	1:43 \pm 1:10	1:59 \pm 1:37	0,47
TRIMP	2704 \pm 1418	2447 \pm 1569	0,69
Styrke	5:54 \pm 3:20	4:26 \pm 2:59	0,31
Total treningstid	44:07 \pm 27:41	40:26 \pm 24:43	0,74

LIT – tid i lavintensiv trening, *MIT* - tid i moderatintensiv sone, *HIT*- tid i høyintensiv sone, *TRIMP* – total treningsbelastning, *Styrke* – tid med maksimal og generell styrke, *Total treningstid* – Total treningstid. *P*- relativ forskjell mellom gruppene

3.3 Eksperimentelt design

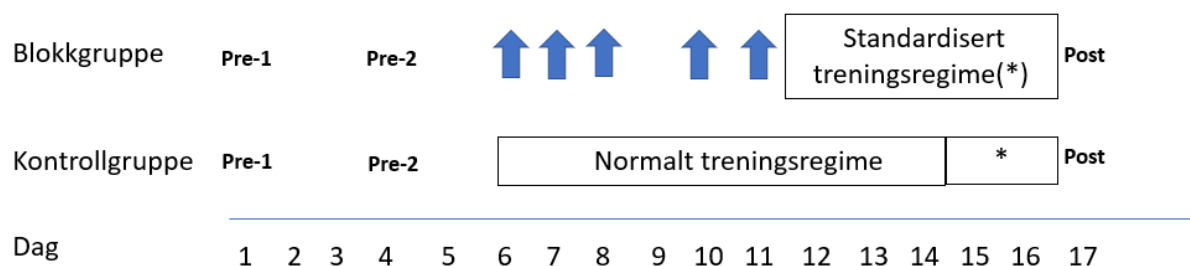
Hovedmålet med denne studien var å sammenligne effekten av en 6-dagers blokk med HIT etterfulgt av 5-dagers treningsreduksjon (Figur 2) mot en tradisjonell treningsgruppe i prestasjonsvariabler.

Intervensjonsperioden hadde total varighet på 17 dager (Figur 2). For Blokk besto intervensjonsperioden av 2 pre-tester, en 6-dagers HIT blokk med påfølgende 5-dagers treningsreduksjonsperiode etterfulgt av post-test siste dag. For Kontroll besto intervensjonen av 2 pre-tester etterfulgt av tradisjonell utholdenhetstrening og post-test. Kontroll fikk beskjed om å ikke gjennomføre en konsentrert periode bestående av kun HIT økter, men heller fordele HIT øktene jevnt utover intervensjonsperioden.

Før deltakelse av intervensjonen fylte alle deltakerne ut et egenerklærings skjema for å godkjenne at de ble med på prosjektet (Vedlegg 1). Pre-tester og post-test ble gjennomført ved fysiologisk testlaboratorium ved Høgskolen i Innlandet, campus Lillehammer. Pre-testene ble gjennomført to ganger pga. mølletilvenning for deltakerne. Der gjeldene resultat for pre-test,

ble basert på beste prestasjon på laktatprofil og VO_{2maks}-testen av de to gjennomførte pre-testene.

Pre og post testene ble utført identisk på samme tidspunkt av døgnet (± 1 time). Testene ble det gjennomført i samme rekkefølge: måling av hemotokritt-verdier, laktatprofil-, VO_{2maks}test og tilslutt Hb_{masse}. Pretestene ble utført med to dagers mellomrom, for å sikre at deltagerne var restituert til siste pre-test. Post-test ble utført fem dager etter siste HIT-økt. HIT blokken bestod av en HIT økt i påfølgende tre dager (dag 6-8). Ved dag 9 ble det utført hvile, deretter ble det utført en HIT økt påfølgende 2 neste dagene (dag 10 og 11) (Figur 2).



Figur 1: Oversikt over trening og tester i studien. Tidspunktene for testing og blodprøver var de samme i blokk- og kontrollgruppa. **Pre-1**= pretest nr2, **Pre 2**= pretest nr. 2, **Pil opp** = HIT økt, * - standardisert treningsregime

Ved treningsreduksjonsperioden utførte Blokk ett standardisert treningsregime på egenhånd. Treningsregime startet med en hviledag. Dagen etter (dag 13) kunne man velge å hvile eller utføre 30-50 minutter løp eller rulleski etter hvor sliten deltageren følte seg. Dag tre før post-test (dag 14) ble det utført en MIT økt bestående av 4x5 minutter ute i rulleskiløype med påfølgende basis styrke økt (Vedlegg 2). De siste to dagene (dag 15 og 16) før post-test var standardisert med samme treningsregime for begge gruppene. Der to dager før post-test ble det utført 30-60 minutter rolig løping eller sykkel. Dagen før post-test ble det utført 30minutter med skøyting etterfulgt av 3x1 minutt stigningsdrag til maksinnsats, som en forberedende økt til post-test (Figur 2).

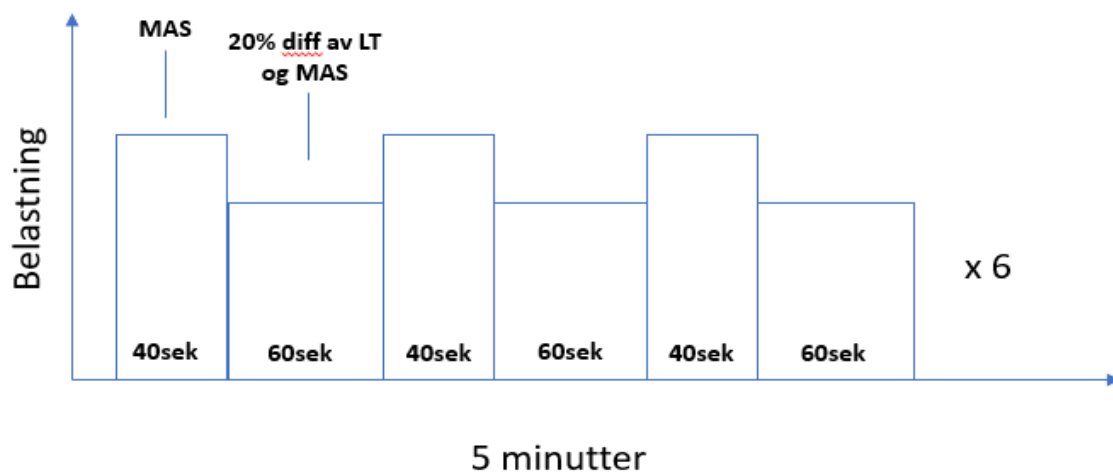
3.4 HIT øktene

HIT øktene i blokken ble gjennomført ved fysiologisk laboratorium ved høyskolen i Innlandet. Her ble alle øktene gjennomført på rulleski (IDT SPORTS Skate type-2 hjul, IDT Solutions AS. Lena, Norge) i skøyting ved bruk av rulleskimølle (Rodby, RL3500E, Rodby Innovation. Uppsala, Sverige). Innveing av kroppsvekt (kg) ble gjennomført før hver økt i likhet med de fysiske testene.

Hver HIT økt varte i totalt 71 minutter, der 21 minutter er oppvarming, 45 minutter for alle HIT dragene med pauser og tilslutt 5 minutter med nedgåing.

Det ble utført en standardisert oppvarmingsprotokoll før hver økt. Oppvarmingen ble utført på rulleski med 5 minutt på 13 km·t⁻¹-3% → 5 minutter på belastning som første drag fra laktatprofilen → 5 minutter på nest siste/siste drag fra laktatprofilen (nærmest 4 mmol/L⁻¹ [la⁻]) + 1 minutt på MAS -7% → 2 minutter hvile → 3 minutter på 11 km·t⁻¹-3%. HIT-øktene ble gjennomført som et 5 minutters drag repeter 6 ganger (Figur 3). Helning ble standardiser til 7% til alle drag. Hvert drag var oppdelt i 40/60 sekunder med forskjellig belastning. 40 sekundere ble på utført på MAS og 60 sekundere ble utført med belastning på terskel hastigheten + 20% differanse av terskelhastighet (Figur 3). Pausene mellom dragene var standardisert til 3 minutter, derav første minutt utførtes en laktatprøve fra fingertupp + 2 minutter skøyting på 11km·t⁻¹-3%. Munnstykke fra O₂ analysatoren (Oxygon Pro, Erich Jeger, Hoechberg, Tyskland settes i 60 sekunder før hvert drag. Dette for å få inn så riktige målinger som mulig fra start av dragene.

Under hele arbeidsdraget ble hjertefrekvens (HF) og oksygenopptak (VO₂) for hvert 20 sekund registrert. Ved endt drag ble [la⁻] tatt fra fingertupp gjennomført og BORG registrert. Justeringer av hastighet underveis i øktene ble kun gjennomført når deltaker ga tydelig signal om utmattelse eller ble bestemt i samråd mellom utøver og økt-ledere. Under øktene ble det benyttet musikk og verbal oppmuntring for at deltakerne kunne gjennomføre øktene på de satte belastningene. For beregning av reproduserbarhet til økt-designet ble det sett på variasjonskoeffisient (CV%) og intraklassekorrelasjon (ICC) med deltakerne som utførte øktene med samme hastighet fra økt 1 til 2 (n=5) og på økt 2 og 5, (n=7). Ved utregning av p-verdi for tid over 90% av HF_{maks} fra økt 1 til 2 (n=4) og 2 til 5 (n=6) ble 1 deltager fjernet pga. feil måling av HF på øktene.



Figur 3: Økt-design for HIT økt. 5 minutters drag repetert 6 ganger (3 minutter pause). Draget som var inndelt i 40 sekund (MAS) og 60sekund (Terskel + 20% differansen(diff) mellom terskelhastighet og MAS)

3.5 Selvrapportert trening

Alle deltakere ble spurt etter treningsdata for de fire ukene i forkant av prosjektet som ble notert inn i utdelt skjema (Vedlegg 3) eller innsendt fra deres personlige treningsdagbøker. Deltakerne fikk utdelt ett egenutviklet treningsdagbok der de skulle notere ned utført treningen under intervensjonen (Vedlegg 4). Her ble det notert aktivitetstype og tidsbruk i forskjellige intensitetssoner (1-5), som i etterkant ble utregnet til en 3 delt intensitets skala med samme utregning for intensitets deling for de 4 ukene i forkant av intervensjonen. Her viste det seg å være signifikant forskjell mellom gruppen ved styrke, LIT og HIT, mens i MIT var det ingen forskjell mellom gruppene under intervensjonen (Tabell 3). I treningsdagboken ble noen av deltagerne ekskludert for utregning da de ikke fylte inn treningsdata for 4 ukene i forkant (Kontroll, n=1; Blokk, n=1) og under intervensjonen (Kontroll, n=2; Blokk, n=1).

Tabell 3: Treningsmengde under intervensjonen. Tilbrakt tid i de ulike intensitetssonene, styrketrening og total treningsmengde. Det var statistisk signifikante forskjeller i LIT og HIT. Verdier (timer: minutter) er oppgitt i gjennomsnitt \pm standardavvik

	Blokk (n=10)	Kontroll (n=11)	p
LIT (60-82%)	9:53 \pm 1:54	21:11 \pm 9:44	0,00
MIT (83-87%)	1:10 \pm 1:54	1:11 \pm 0:38	0,92

HIT (88-100%)	3:09 ± 0:38	1:37 ± 1:06	0,00
Styrke	0:30 ± 0:05	2:37 ± 3:01	0,01
TRIMP	1300 ± 190	1660 ± 814	0,22
Total trening	13:02 ± 4:58	27:42 ± 12:43	0,01

LIT – tid i lavintensiv sone, *MIT* - tid i moderatintensiv sone, *HIT*- tid i høyintensiv sone, *TRIMP* – total treningsbelastning beregnet med tid i forskjellige intensitetssoner, *Styrke* – tid med maksimal og generell styrke, *Total* – Total treningstid. *P* – relativ forskjell mellom gruppene

3.6 Tester

Før pre-testene ble de siste to dagene utført korte LIT økter, og før post test ble de siste to dagene standardisert for alle deltagere.

3.6.1 Hemotokritt

Måling av hemotokritt ble utført ved å innta av 3dl vann, deretter 15min liggende hvile, for å fordele vannet i kroppen. Det ble samlet inn 4 blodprøver fra fingertuppen (70 IU/mL safeCLINITUBES, Radiometer Medical ApS, Brønshøj, Danmark). Disse prøvene ble analysert ved å sentrifugere prøvene (ABL80 FLEX CO-OX analyser, Radiometer, Copenhagen, Danmark) i 3minutter, før avlesning av rødeblodceller i % av det totale blodvolumet.

3.6.2 Fysiske tester

Alle de fysiske testene ble utført i skøyteknikk på rulleskimølle (Rodby, RL3500E, Rodby Innovation. Uppsala, Sweden) med de samme rulleskiene (IDTSPORTS Skate type-2 wheels, IDT Solutions AS. Lena, Norway) og samme type staver (SWIX Triac 2.0-2.5, Swix Sport AS. Lillehammer, Norway). Deltakerne brukte samme, men egne skisko og klær under alle tester. Før de fysiske testene ble deltakerens vekt, høyde og rulleski par og stav lengde registrert i eget testark. Alle testene ble gjennomført med munnstykke tilkoblet oksygen analysator med miksekammer (Oxygon Pro, Erich Jeger, Hoechberg, Germany) for kontinuerlig måling av VO_2 (mL/min) forbruk under laktatprofil og VO_{2maks} testen for å kunne definere deltakerens arbeidsøkonomi og VO_{2maks} (mL^{-1}/min^{-1}) Oksygenanalysatoren og luftstrømturbin (Triple V, Erich Jeger, Hoechberg, Germany) ble kalibrert med en 3L, 5530 series, kalibreringspumpe (Hans Rudolph, Kansas City, MO, USA) før test. Innveiling (u/sko; - 0,3 kgilo, for klær) ble gjennomført i forkant av test.

Laktatprofil

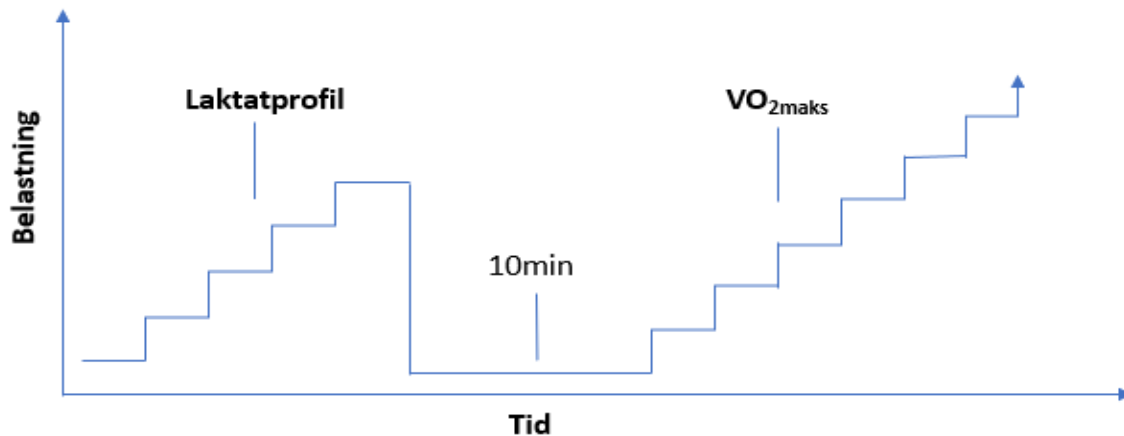
Som tilvenning av møllen, ble det utført en 10 minutters oppvarming i skøyting på belastning mellom 10-13 km·t⁻¹-3%. Selve laktatprofilen ble utført som en gradvis trappetest med startbelastning på 10 km·t⁻¹-7%(Figur 4). Hver belastning varte i 5 minutter etterfulgt av 1 minutt pause. Testen økte belastningen gradvis med 1 km·t⁻¹ for hver belastning.

Laktatprofilen ble stoppet da [la⁻] oversteg 4 mmol/L. Blodlaktatprøvene ble tatt fra fingertuppen etter hver belastning, og analysert ved hjelp av Biosen C-line laktatanalysator (EKF diagnostic GmbH, Barleben, Tyskland). Gjeldene resultat for HF (slag/min) og VO₂ (mL/min⁻¹/kg⁻¹) ble definert ved gjennomsnittet av målingene (30 sekunds måling) for de siste 2 minuttene av hvert drag. Munnstykke til oksygenanalysatoren ble tatt av 30 sekunder før dragslutt ble, for at deltakerne kunne bekrefte opplevd anstrengelse ved hjelp av Borgskala (6-20) (Borg 1982). Ved post-test ble belastningene under laktatprofilen repetert med samme metode. Ved drag nr. 2 (11 km·t⁻¹-7%) hadde samtlige deltakere tilstrekkelig aerobt bidrag ([la⁻] >4 mmol/L), derfor ble endringer fra pre til post-test i VO₂ (ml/min⁻¹/kg⁻¹), [la⁻] (mmol/L) og HF (slag/min) sammenlignet innad og mellom gruppene på denne belastningen.

VO_{2maks}

Mellom avsluttet laktatprofil og start av VO_{2maks}-test ble det gjennomført 7 minutter rolig skøyting (11 km·t⁻¹-3%) med påfølgende 3 minutter med sikring av sikkerhetssele. før VO_{2maks}-testen ble deltakerne oppmuntret til å holde ut så lenge de klarte. Testen ble gjennomført som en trinnvis trappetest, med startbelastning på 11 km·t⁻¹-7%. Deretter økte belastningen med 1 km·t⁻¹, hvert 60 sekund frem til deltakeren havnet for langt bak på møllen eller ga tydelig tegn om utmattelse(Figur 4). Varigheten på testen ble fra 7 -11 minutter, dette utfra deltakernes nivå. Deltakers VO_{2maks}(ml/kg⁻¹/min⁻¹) ble definert ved gjennomsnittet av de to høyest påfølgende 30. sek målingene. Variabler som VO_{2maks}, [la⁻], HF_{maks}, tid på siste belastning og BORG (opplevd belastning) ble registrert etter utført test. Etter VO_{2maks} testen fikk deltakerne mulighet til en 5 minutter valgfri nedvarming på løp, rulleski eller sykkel.

Verdier fra laktatprofil- og VO_{2maks} testen ble brukt til å utregne de ulike belastningene for HIT-øktene som Blokk gjennomførte. For beregning av MAS ble det ekstrapolering av relasjonen mellom deltakernes VO_2 forbruk ved submaksimale belastninger på laktatprofilen og deltakerens VO_{2maks} utregnet (Daniels et al., 1984).



Figur 4: Oversikt av laktatprofiltest (til oppnådd $[la^-]4,0\text{mmol/L}$) og VO_{2maks} -testen (til utmattelse)

3.6.3 Hbmasse

Måling av hemoglobinmasse (Hb_{masse}) ble utført ved inhalering av karbonmonoksid i et lukket system (CO-Applikator, WGT Elektronik GmbH & Co KG, Kolsass, Østerrike). Tre blodprøver ble utført på forsøksperson med stikk i fingertuppen (70 IU/mL safeCLINITUBES, Radiometer Medical ApS, Brønshøj, Danmark) for analyse av prosentandel karboksyhemoglobin (ABL80 FLEX CO-OX analyser, Radiometer, Copenhagen, Danmark). 1 minutt etter de tre blodprøvene var tatt ble en bestemt dose (1,5 mL karbonmonoksid per kilo kroppsvekt) karbonmonoksid (Carbon monoxide 100%, AGA, Oslo, Norge) tilført det lukkede systemet og inhalert via munnstykke. Karbonmonoksid ble inhalert i liggende stilling med beina i en høyere posisjon enn resten av kroppen i 6 minutter. 4 minutter etter inhaleringen ble nye blodprøver fra fingertuppen ble tatt og analysert for % karboksyhemoglobin. Disse blodprøvene ble lest av i analysator (ABL80 FLEX CO-OX analyser, Radiometer, Copenhagen, Danmark) som kunne lese av hvor mye CO som hadde bundet seg til hemoglobin i blodet. Resterende karbonmonoksid i systemet og lungene ble målt til slutt etter total ekshalasjon (Dräger Pac 5500, Dräger, INC., Houston, USA). Den totale Hb_{massen} ble utregnet ved endring i prosentandelen karboksyhemoglobin i blodet ved verdier før til etter inhalasjon av karbonmonoksid. Det ble gjennomført to målinger av

Hb_{masse} ved pre-test, der gjennomsnittet ble brukt til beregning av gjeldene Hb_{masse} verdi ved pre. Ved post test ble det utført kun en måling.

3.7 Statistikk

All plotting og statistiske beregninger av p-verdier, ES og korrelasjonskoeffisienter ble gjennomført i Microsoft Office Excel 2018 (Microsoft, Redmond, USA). Signifikansnivået ble satt til $p < 0,05$ og $P > 0,05 - < 0,10$ ble definert som tendens. Effektstørrelse ble beregnet med Cohen's d (ES). ES ble utregnet ved på prosentvis endring mellom gruppene fra pre til post. Effektstørrelsene ble definert som: 0,2 til 0,5 = liten effekt, 0,5 til 0,8 = moderat effekt og $> 0,8$ = stor effekt (Cohen, 1977). Beregning av p-verdi fra pre- til post-test innad i gruppene ble utført med paret Student's t-test. Beregning av p-verdi fra pre- til post-test for % vis endring mellom gruppene ble utført med tosidig uparet Student's t-test. Beregning av intraklassekorrelasjon (ICC) og Variasjonskoeffisient (CV%) mellom økt 1 til 2 og 2 til 5, ble utført med two-way mixed model og ratio discriptiv statistics (IBM SPSS statistics, version 26, 2019). Pearson's r ble benyttet for beregning av korrelasjonskoeffisienter mellom variabler. Korrelasjonskoeffisientene ble definert som $r < 0.1$ = triviell, 0.1-0.3 = liten, 0.3 - 0.5 = moderat, 0.5 - 0.7 = stor, 0.7 - 0.9 = veldig stor, 0.9 - 0,99 = nesten perfekt og 1.0 = perfekt (Hopkins et al, 2009). Alle tall er oppgitt som gjennomsnitt \pm standardavvik (SD).

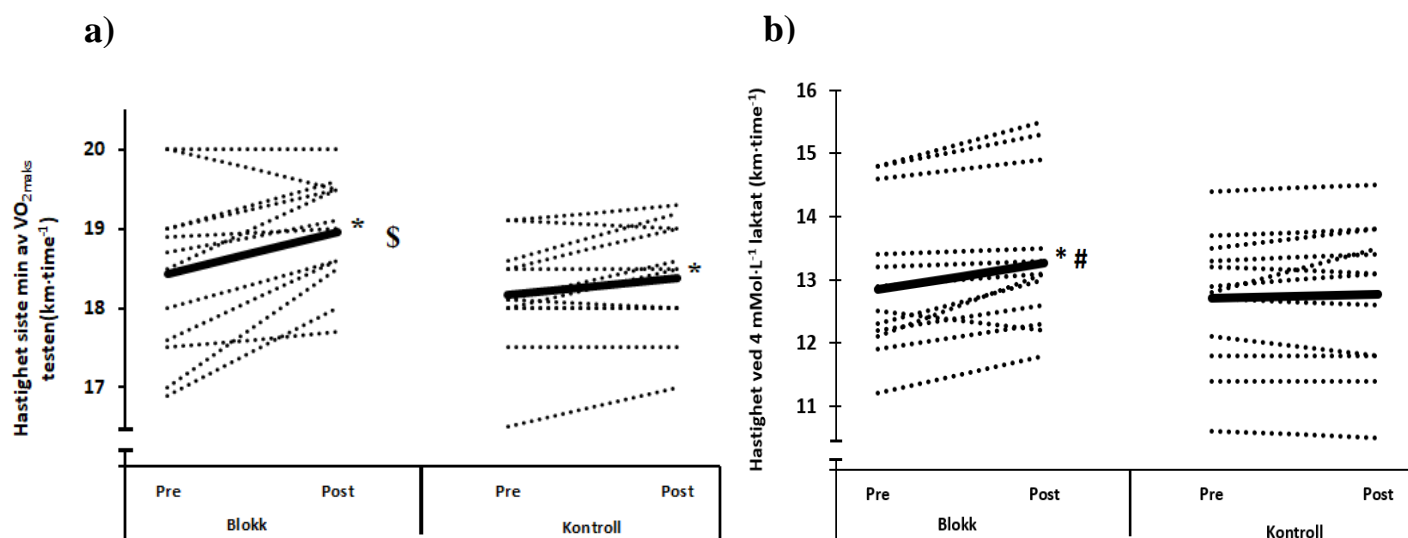
4 Resultater

4.1 Pretest

Det bli ikke funnet noen signifikante forskjeller mellom Blokk- og Kontroll i hematologiske og utholdenhetsrelaterte variabler ved pretest (tabell 3)

4.2 VO_{2maks}

Snitthastighet siste minutt i VO_{2maks} testen økte signifikant i både Blokk ($3,1 \pm 3,1\%$; $p=0,006$) og Kontroll ($1,2 \pm 1,6\%$; $p=0,02$) med stor effekt og en tendens til forskjell mellom gruppene ($p=0,08$; $ES=0,8$ Figur 5a). Hastighet ved 4 mmol/L $[La^-]$ økte signifikant i Blokk ($3,2 \pm 2,9\%$; $p=0,002$) og i Kontroll var det ingen endringer ($0,1 \pm 2,8\%$; $p=0,55$) med stor effekt og signifikant forskjell mellom gruppene ($p=0,02$; $ES=1,05$, Figur 5b). I VO_{2maks} ($ml \cdot min^{-1} / kg^{-1}$) ble det ikke funnet signifikant endring i Blokk ($1,5 \pm 4,1\%$; $p=0,28$), mens hos Kontroll ble det funnet tendens til endring ($2,0 \pm 3,48\%$; $p=0,07$) med ingen effekt og ingen forskjell mellom gruppene ($p=0,77$; $ES=0,14$) (Tabell 3).

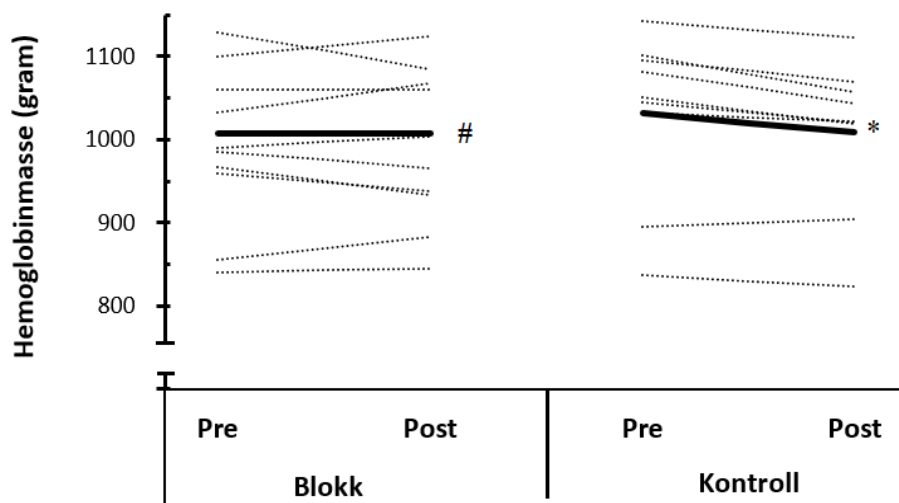


Figur 5: Individuelle (stiplede linjer) og gjennomsnittlige verdier (hel linje) for **a)** gjennomsnittshastighet siste minuttet på VO_{2maks} testen, **b)** hastighet ved 4mmol laktat ved pre- og post-test for Blokk og Kontroll. *Endring fra pre- og post-test ($p < 0,05$). # Prosentvis endring fra pre til post er signifikant større hos Blokk enn Kontroll ($p = < 0,05$). \$ Prosentvis endring fra pre til post har tendens til større endring hos Blokk enn Kontroll ($p = 0,05 - 0,10$)

4.3 Hematologiske endringer

Ved absolutt Hb_{masse} (gram) ble det ikke funnet signifikante endringer i Blokk ($-0,0 \pm 2,5\%$; $p=0,93$), mens i Kontroll var det signifikant reduksjon ($-2,1 \pm 1,5\%$; $p=0,003$) og signifikant forskjell i endring med stor effekt mellom gruppene ($p=0,046$; $ES=1,02$, Figur 6). Ved Hb_{masse} ($gram/kg^{-1}$) ble det ikke funnet endringer i Blokk ($0,8 \pm 2,0\%$; $p=0,25$), mens i Kontroll ble

det funnet en tendens til reduksjon ($-1,2 \pm 1,8\%$; $p=0,07$) med stor effekt og signifikant forskjell i endring mellom gruppene fordel Blokk ($p=0,031$ ES=1,05).



Figur 6: Viser endring i Hb_{masse} (gram) fra pre til post-test, # = viser signifikant forskjell ved prosentvis endring mellom Blokk og Kontroll, *= viser signifikant reduksjon ved prosentvis endring i Kontroll ($p < 0,05$).

Ved HCT, plasma- og blodvolum ble det ikke funnet signifikante endringer hverken i Blokk (hhv. $-1,6 \pm 4,1\%$; $p=0,3$, $1,5 \pm 8,2\%$; $p=0,63$ og $0,6 \pm 5,7\%$; $p=0,7$) eller i Kontroll (hhv. $-0,8 \pm 3,6\%$; $p=0,3$, $-3,1,0 \pm 6,3\%$; $p=0,15$ og $-1,8 \pm 4,5\%$; $p=0,2$) det var heller ingen forskjeller mellom gruppene (hhv. $P=0,83$; ES=0,09, $p=0,18$; ES=0,64 og $p=0,31$; ES=0,48), (Tabell 3).

Tabell 3: Resultater fra laktatprofil, VO_{2maks} - og hematologiske tester før og etter intervensjonsperioden i blokk- og kontroll. Verdier er oppgitt som gjennomsnitt \pm standardavvik. ES og p- verdi er basert på % endring mellom gruppen fra pre- og posttest. *Signifikant relativ endring fra pre innad i gruppene ($p < 0,05$). £=tendens til forskjell ved prosentvis endring innad i gruppen ($p= 0,1 - 0,05$) #signifikant forskjell ved prosentvis endring mellom gruppene ($p < 0,05$). \$=tendens til forskjell ved prosentvis endring innad i gruppen ($p= 0,1 - 0,05$)

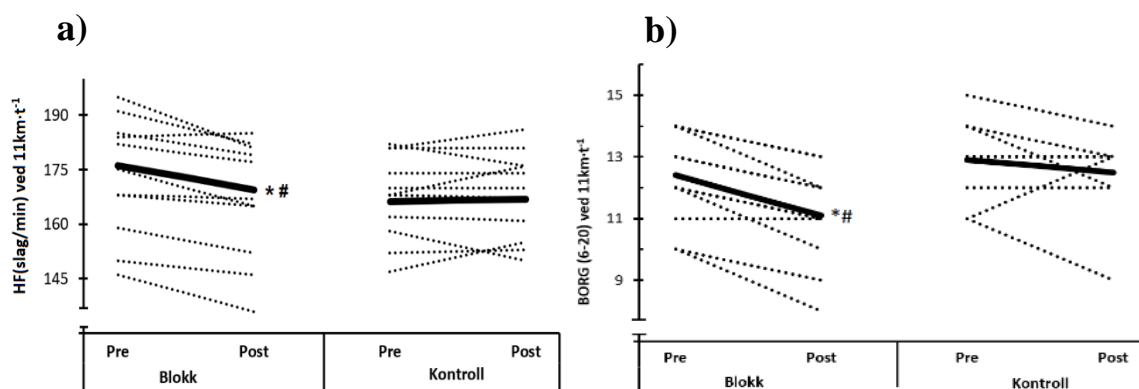
	Blokk		Kontroll		P	ES
	Pre	Post	Pre	Post		
VO_{2maks} (ml/kg/min⁻¹)	69,6 \pm 4,3	70,5 \pm 2,3	69,2 \pm 4,1	70,6 \pm 4,2 £	0,77	0,14
HF maksVO ₂ (slag/min	202,7 \pm 6,4	201 \pm 7,3*	198,4 \pm 8,6	197,3 \pm 7,5	0,93	0,45
[la-] maksVO ₂ (mmol/L)	13,1 \pm 1,4	13,8 \pm 1,8 £	13,4 \pm 1,6	13,4 \pm 1,9	0,19	0,54
Borg maksVO ₂ (6-20)	19,6 \pm 0,5	19,6 \pm 0,5 £	19 \pm 0,7	19,2 \pm 0,7	0,64	0,08
LT maksVO ₂ (km \cdot t ⁻¹)	12,4 \pm 1,2	12,8 \pm 1,2* #	12,2 \pm 1,0	12,3 \pm 1,2	0,02	1,05
Utnyttelsesgrad (% VO _{2maks} ved LT)	81,6 \pm 4,7	82,2 \pm 4,6	80,8 \pm 5,3	80,8 \pm 4,5	0,55	0,24
MAS maksVO ₂ (km \cdot t ⁻¹)	15,6 \pm 0,9	16,0 \pm 1,0	15,4 \pm 1	15,5 \pm 1	0,55	0,25
Snitt hastighet siste min maksVO ₂ (km \cdot t ⁻¹)	18,4 \pm 1,0	19,0 \pm 0,7* \$	18,2 \pm 0,7	18,4 \pm 0,7*	0,08	0,80
VE maksVO ₂	197,4 \pm 14,3	196,8 \pm 17,1 \$	192 \pm 15,5	196,2 \pm 18	0,08	0,11
BF maksVO ₂	67,6 \pm 5,7	68,1 \pm 4,9	68,9 \pm 3,5	68,1 \pm 2,8	0,83	0,08
RER maksVO ₂	1,16 \pm 0,04	1,16 \pm 0,04	1,16 \pm 0,04	1,15 \pm 0,03	0,74	0,12
HB masse(g)	1007 \pm 103	1007 \pm 1003 #	1031 \pm 100	1009 \pm 90*	0,05	1,02
Plasmavolum(L)	3,52 \pm 0,48	3,57 \pm 0,46	3,63 \pm 0,36	3,51 \pm 0,32	0,18	0,64
Blodvolum(L)	6,42 \pm 0,73	6,47 \pm 0,84	6,56 \pm 0,53	6,42 \pm 0,45	0,30	0,48
Hemotokritt (%)	44,9 \pm 2,6	44,3 \pm 2,0	45,8 \pm 2,2	45,4 \pm 2,6	0,83	0,09

VO_{2maks}(ml/kg/min) – Maksimalt oksygenopptak, **HF** maksVO₂ - maksimal hjerterefrekvensen, **[la-]VO₂ (mmol/L)** – Laktat 1 min etter endt VO_{2maks} test, **Borg (6-20)** maksVO₂ – opplevd anstrengelse etter endt test, **LT (km \cdot t⁻¹)** maksVO₂ - Hastighet ved 4mmol, **LT(% VO_{2maks})** –VO₂ ved 4,0mmol (% av VO_{2maks}), **MAS (km \cdot t⁻¹)** maksVO₂ – maksimal aerob hastighet utregnet fra VO_{2maks} testen, **Snitt hastighet siste min (km \cdot t⁻¹)** maksVO₂ - , **VE** maksVO₂ – maksimal ventilasjon, **BF** maksVO₂ – Maksimal pustefrekvens, **RER** maksVO₂ - Respiratorisk utvekslings ratio, **O₂ puls** - O₂ dividert på makspuls, **HB** masse(g) – hemoglobinmasse gram totalt i blodet, **Plasmavolum(L)** – totalt plasmavolum, **Blodvolum(L)** -totalt blodvolum, **Hemotokritt (%)** – antall røde blodceller i %.

4.4 HF, [la-], opplevd belastning og arbeidsøkonomi på drag 2 fra laktatprofil

I HF, [la⁻] og opplevd anstrengelse ved 11 km \cdot t⁻¹- 7% ble det i Blokk funnet signifikant reduksjon (hhv. $-3,56 \pm 2,35\%$; $p=0,0003$; $-14,1 \pm 19\%$; $p=0,032$; $-8,9 \pm 5,9\%$; $p<0,01$), mens Kontroll fikk ingen signifikante endringer. Mellom gruppene var det signifikant

forskjell i endring av HF ($p < 0,01$) og Borg ($p = 0,045$) (Figur 7), men ingen forskjell ved $[la^-]$ ($p = 0,30$). I arbeidsøkonomi (VO_2 forbruk ved $11 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$ -7%) ble det i hverken Blokk eller Kontroll funnet signifikant endring (hhv. $p = 0,42$ og $p = 0,28$). Mellom gruppene var det heller ingen signifikante forskjeller ($p = 0,16$) (Tabell 4).



Figur 7: Individuelle (stiplede linjer) og gjennomsnittlige verdier (hel linje). **a)** - Hjertefrekvens ved $11 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$ -7%, **b)** -Borgskala ved $11 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$ -7%, *Forskjell i relativ endring fra pre ($p < 0,05$). #Prosentvis endring fra pre er større enn i kontrollgruppa ($p < 0,05$).

Tabell 4: Verdier for laktatprofil (drag nr.2 - $11 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$ -7%) ved pre og post for blokk- og kontrollgruppa. P-verdier er basert på % vis endring fra pre til post mellom gruppene. *Forskjell i endring fra pre til post ($p < 0,05$). \$ - tendens til endring fra pre til post ($p = 0,05 - 0,1$) #Prosentvis endring fra pre til post er større enn i kontrollgruppa ($p < 0,05$).

	Blokk		Kontroll		P
	Pre	Post	Pre	Post	
VO_2 ($\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$)	3805 ± 190	3778 ± 202	3927 ± 291	4011 ± 336	0,16
RER	$0,93 \pm 0,02$	$0,92 \pm 0,03^*$	$0,94 \pm 0,01$	$0,93 \pm 0,03$	0,37
$[la^-]$ (mmol/L)	$2,55 \pm 0,86$	$2,15 \pm 0,76^*$	$3,08 \pm 1,62$	$2,83 \pm 1,3$	0,30
HF (slag/min)	173 ± 15	$167 \pm 15^{* \#}$	167 ± 11	168 ± 11	0,002
Borg (6-20)	$12,2 \pm 1,5$	$11,1 \pm 1,5^{* \#}$	$12,9 \pm 1,2$	$12,6 \pm 1,2$	0,045

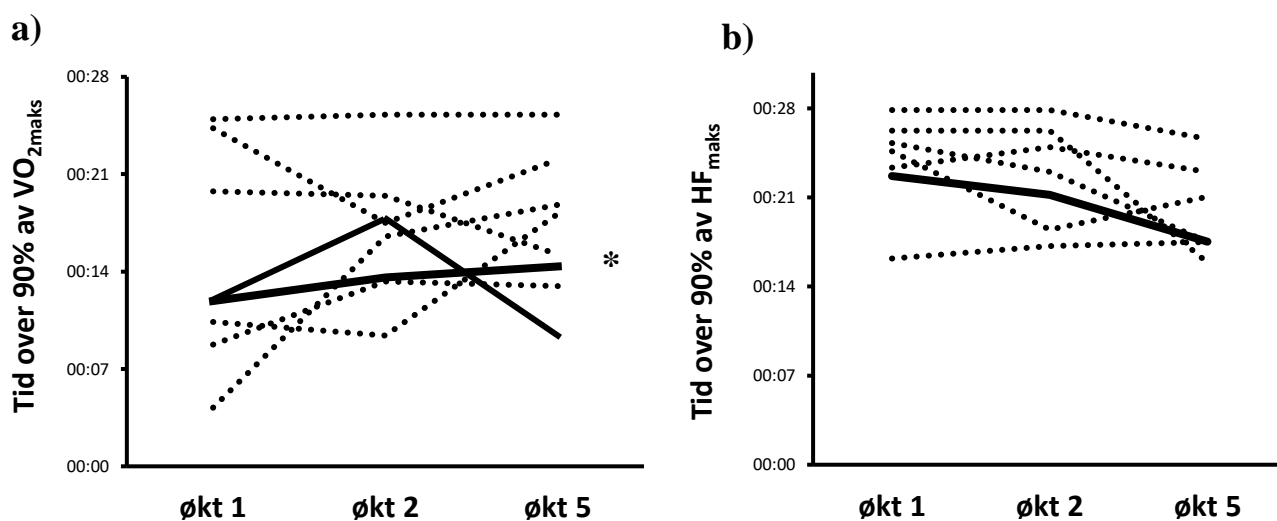
VO_2 - forbruk av VO_2 ved 11 km/t , **RER** - Respiratorisk utvekslings ratio, (**la^-**) - laktatverdi (mmol) ved endt profildrag, **HF**- hjertefrekvens siste 1,5min av drag, **Borg** – opplevd anstrengelse, oppgitt ved endt drag.

4.5 Reliabilitet av økt-design

Tid over 90% $VO_{2\text{maks}}$ fra økt 1 til 2 og fra økt 2 til 5 økte signifikant med hhv. 51% ($p = 0,05$) og 24% ($p = 0,04$) (Figur 8a). Det bli ikke funnet signifikante endringer ved Tid over 90% av

HF_{maks} fra økt 1 til 2 eller fra økt 2 til 5 med hhv. -9% (p=0,36) og -25% (p=0,11) (Figur 8b). Variasjonskoeffisient for tid over 90% av VO_{2maks} fra økt 1 til 2 og fra økt 2 til 5 viste CV hhv. 46,9% og 28,8%. For tid over 90% av Maks HF fra økt 1 til 2 og fra økt 2 til 5, viste CV hhv. 14,8% og 36,6% (Tabell 5).

Resultatene av reliabilitet er oppgitt som intrakorrelasjonskoeffisient (ICC) for HIT øktene. For tid over 90% av VO_{2maks} fra økt 1 til 2 var ICC=0,83 (0,09 - 0,98) og fra økt 2 til 5 var ICC= 0,81 (0,06 - 0,96). For tid over 90% av HF_{maks} fra økt 1 til 2 var ICC=0,86 (-0,32 - 0,99) og fra økt 2 til 5 var ICC=0,27(-2,63 - 0,85) ved tid over 90% av HF_{maks} (Tabell 5).



Figur 8: Tid over 90% av VO_{2maks} (n=7) og HF_{maks} (n=6) viser verdier i minutter for deltakere med lik hastighet og riktige målinger på HIT øktene. Individuelle (stiplede linjer) og gjennomsnittlige verdier (hel-linje) innad i Blokk.

Tabell 5: Viser resultater for reliabilitet for tid over 90% av VO_{2maks} økt 1 til 2 (n=5) og økt 2 til 5 (n=7) og HF_{maks} fra økt 1 til 2 (n=4) og økt 2 til 5 (n=6). Disse resultatene er basert på deltagere med samme hastighet og riktige målinger på alle arbeidsintervallene.

Økt periode	CV(%)	ICC (95%KI)	P
Tid over 90% av VO_{2maks}			
Økt 1 til 2	46,9%	0,83 (0,09 - 0,98)	0,05
Økt 2 til 5	28,8%	0,81 (0,06 - 0,96)	0,04
Tid over 90% av HF maks			
Økt 1 til 2	14,8%	0,86(-0,32 - 0,99)	0,36
Økt 2 til 5	36,6%	0,27(-2,63 - 0,85)	0,11

ICC – intraklassekorrelasjon, CV- Variasjonskoeffisient – 95% KI– 95% konfidensintervall på median – P- p - verdi

Tabell 6: Viser gjennomsnitt \pm SD for blokk for økt 1,2 og 5

	Økt 1	Økt 2	Økt 5
Tid over 90% av VO_{2maks}(min)	14:10 \pm 8:24	16:05 \pm 6:14	17:45 \pm 5:09
Tid over 90% av HF_{maks}(min)	24:07 \pm 4:14	23:28 \pm 3:45	17:05 \pm 08:08
% av maks HF (%)	91,9 \pm 0,8	91,5 \pm 2,1	89,9 \pm 1,0
% av VO_{2maks} (%)	85,3 \pm 0,8	87,1 \pm 1,0	88,1 \pm 0,6
[la-](mmol)	8,0 \pm 1,4	6,1 \pm 1,7	6,8 \pm 1,4
Borg (6-20)	16,9 \pm 0,9	16,9 \pm 0,7	16,2 \pm 0,7

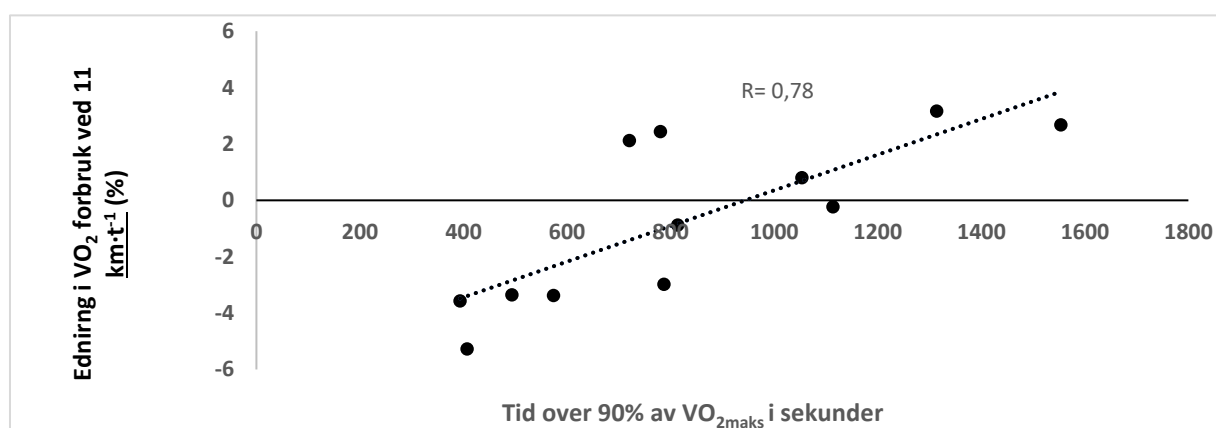
Tid over 90% av VO_{2maks}(min) – tiden over 90% av VO_{2maks}, **Tid over 90% av HF_{maks}(min)** - tiden over 90% av HF_{maks}, **% av maks HF (%)**- % av maksimal hjerterefrekvens under økt, **[la-](mmol)** – laktatkonsentrasjon ved endt drag, **Borg (6-20)** – Borgskala ved endt drag, fra 6-20, **% av VO_{2maks} (%)** – VO₂ forbruket oppgitt som % av VO_{2maks}.

4.6 Korrelasjon mellom variabler for utholdenhetsprestasjon

4.6.1 Korrelasjon mellom tid over 90% av VO_{2maks} og variabler for utholdenhetsprestasjon

Tid over 90% av VO_{2maks} og HF_{maks} ble snittverdiene av økt 1,2 og 5 benyttet for korrelasjonsberegninger mot variabler for utholdenhetsprestasjon.

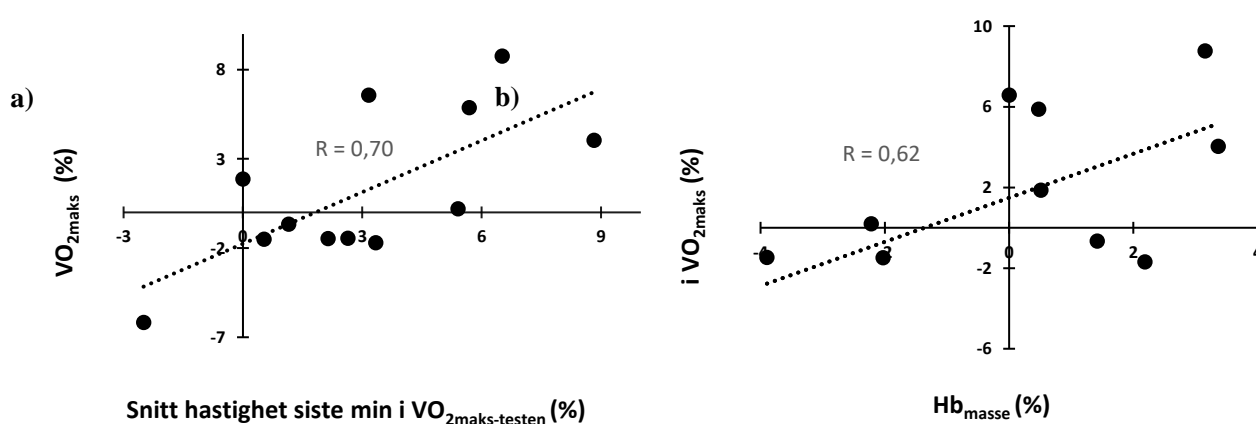
Økt tid over 90% av VO_{2maks} og dårligere arbeidsøkonomi (11km·t⁻¹-7%) ble det funnet veldig stor korrelasjon (r=0,78) (Figur 9). Det ble funnet liten korrelasjon mellom tid over 90% av VO_{2maks} og snitthastighet siste min av VO_{2maks} testen (r=0,25), terskelhastighet (r=0,22), [la-] ved 11 km·t⁻¹ (r=0,13), og HF ved 11 km·t⁻¹ (r=0,11).



Figur 9: Korrelasjonsplott mellom Tid over 90% av VO_{2maks}(sekunder) og % vis endring av VO₂forbruk (Arbeidsøkonomi) ved 11 km·t⁻¹-7%.

4.6.2 Korrelasjon mellom utholdenhetsvariabler

Ved %-vis endring i snitthastighet siste minuttet i VO_{2maks} -testen og VO_{2maks} ble det funnet veldig stor korrelasjon ($r=0,70$) (figur 10a) og ved endringer i Hb_{masse} og VO_{2maks} ble det funnet stor korrelasjon ($r=0,62$) (figur 10b). De ble funnet moderat korrelasjoner ved endringer i terskelhastighet og VO_{2maks} ($r=0,47$) og ved endringer i arbeidsøkonomi og utnyttelsesgrad ($r= -0,40$). Det ble funnet liten korrelasjon mellom endring i terskelhastighet og Hb_{masse} ($r= 0,23$), og ved endringer i terskelhastighet og Snitthastighet siste minuttet i VO_{2maks} -testen ($r= 0,21$).



Figur 10: a) Korrelasjon ved %-vis endring mellom Hb_{masse} og VO_{2maks} b) korrelasjon ved %-vis endring mellom Snitthastighet siste minutt i VO_{2maks} -testen og VO_{2maks}

5 Diskusjon

5.1 Hovedfunn

Hovedfunnene i denne studien var at Blokk signifikant økte terskelhastighet, Hb_{masse} , og tendens økning i snitthastighet siste minutt på VO_{2maks} -testen sammenliknet med Kontroll. I tillegg viste Blokk signifikant større reduksjon i HF og opplevd anstrengelse ved $11\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$ sammenliknet med Kontroll. ES analysen viste stor effekt mellom gruppene fordel Blokk for snitthastighet siste minuttet på VO_{2maks} -testen, Hb_{masse} og terskelhastighet. På bakgrunn av disse funnene kan det underbygge hypotesen om at en 6-dagers HIT blokk fører til forbedring i prestasjonsvariabler hos godt trente langrennsløpere.

5.2 Hb_{masse}

Hb_{masse} er som kjent en viktig faktor for VO_{2maks} og vil derfor kunne påvirke utholdenhetsprestasjonen (Heinicke et al., 2001; Gore et al., 1997). Vår studie er den første til å se en forskjell i Hb_{masse} etter en 6-dagers HIT blokk hos godt trente utøvere. Det er få studier som har undersøkt endring i Hb_{masse} i forbindelse med blokk trening av HIT. Midlertidig må det påpekes at funn til forskjell er fordi Kontroll ble det observert en signifikant reduksjon i Hb_{masse} , mens i Blokk var det ingen endring i Hb_{masse} . Rønnestad et al. (2012) er en av de få studiene som har målt Hb_{masse} etter blokk periodisering av HIT. De observerte 5,6% signifikant økning i Hb_{masse} innad i blokkgruppa, men ikke forskjell i endring sammenliknet med kontroll gruppa, etter tolv uker med blokk periodisering av HIT hos utholdenhetsrente menn ($VO_{2maks} = 4,7(\text{L}/\text{min})$). Flere studier har observert økning med 4% i Hb_{masse} etter 3-4 måneder med utholdenhets trening (Schmidt & Prommer, 2008).

Det ble i tillegg funnet en potensiell reduksjon med -3,1% i plasmavolum hos Kontroll, som kan forklare den signifikante reduksjonen i Hb_{masse} . Dette fordi det blant annet ble funnet en stor korrelasjon mellom endring i plasmavolum og Hb_{masse} . Samtidig hadde Blokk en potensiell økning i plasmavolum 1,5% som kan forklare opprettholdelsen av Hb_{masse} , på tross av at observert korrelasjon ikke er en direkte årsaksforklaring. Økning i plasmavolum kan også forklares som en følge av dehydrering etter trening med høy svetterate, som igjen kan føre til akutt reduksjon av plasmavolum (Da Silva & Fernandez, 2003). Denne reduksjonen i plasmavolum etter trening fører til overkompensasjon i restitusjonsfasen og påfølgende økt plasmavolum (Heinicke et al., 2001), og som en konsekvens vil føre til redusert HCT (Garrett et al., 2012). Ved reduksjon i HCT blir det spekulert om det gir nyrene et lavere oksygentrykk som øker EPO-utskillelsen, og som respons på økt utskillelse av EPO vil resultere i økt

Hb_{masse} (Montero & Lundby, 2018). Dette er bare en spekulasjon til årsaksforklaring for signifikant forskjell i endring mellom gruppene. Vi ikke vet heller ikke om det var høy svetterate under HIT-øktene. Reduksjonen i Hb_{masse} hos Kontroll kan derfor spekuleres høyst om kan skyldes en potensiell motsatt effekt av denne mekanismen da Kontroll utførte signifikant mindre HIT. Det kan da tenkes at ved mindre mengde HIT kan har ført til reduksjon i plasmavolum, og dermed mindre utskillelse av EPO som igjen fører til lavere Hb_{masse}?

Den inneværende studien skiller seg fra tidligere HIT studier som har observert endring i Hb_{masse} (Gore et al., 1997; Montero et al., 2015; Rønnestad et al., 2012; Skattebo et al., 2020), ved at den innebærer en betydelig kortere intervensjonsperiode. Dette er muligens også årsaken til observasjon av ingen endring i Hb_{masse} hos Blokk, da man også ser det er nødvendig med ≥ 4 uker med utholdenhetstrening for å øke Hb_{masse} (Montero et al., 2017; Warburton et al., 2004).

5.3 VO_{2maks}

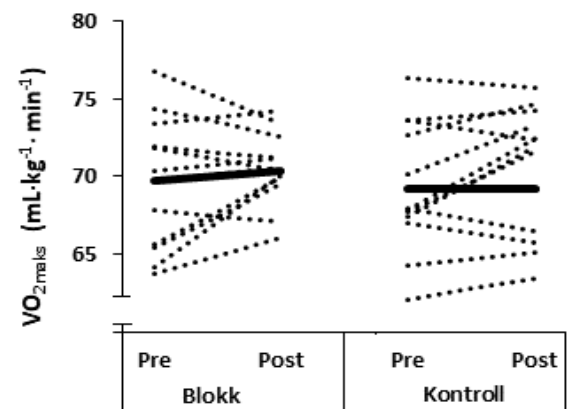
Det ble ikke funnet forskjell i endring i VO_{2maks} . Dette på tross til funnene av signifikant større økning i Hb_{masse} og terskelhastighet.

Hbmasse er en av de viktigste faktorene for VO_{2maks} , fordi økt VO_{2maks} er tidligere studier observert til å ha stor sammenheng med økt Hb_{masse} (Heinicke et al., 2001; Kanstrup & Ekblom, 1984; Lundby & Robach, 2015). Det vil si at forskjell i endring i Hb_{masse}, burde ha ført til forskjell i endring i VO_{2maks} mellom gruppene. Det var ikke tilfelle i denne studie. Samtidig viste VO_{2maks} også stor korrelasjon med Hb_{masse}, dette samsvarer midlertidig med at det ikke ble funnet endringer i hverken Hb_{masse} eller VO_{2maks} innad i Blokk. I motsetning stemte dette ikke i Kontroll, som signifikant reduserte Hb_{masse}, mens det ikke ble observert endring i VO_{2maks} . I likhet med den inneværende studien har en tidligere lignende studier ikke observert endring ved VO_{2maks} ved endt 7-dagers HIT blokk hos godt trente sykelister (Clark et al., 2014). I McGawley et al. (2017) observert heller ikke endringer i VO_{2maks} eller noen andre prestasjonsvariabler selv etter 3 uker med blokkperiodisering av HIT. I motsetning har det blitt observert signifikant økning av VO_{2maks} etter 7 - 11-dagers blokk med HIT med påfølgende treningsreduksjonsperiode hos godt trente utøvere (Breil et al., 2010; Rønnestad og Vikmoen, 2019).

I studien til Breil et al. (2010) hadde alpin-utøverne i blokkgruppen relativt lave VO_{2maks} verdier ($53 \text{ ml}/\text{min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$) før intervensjonen, og kan dermed anta at utøverne lettere kunne

stimulere til økt VO_{2maks} . I tillegg var utøverne i utenfor trening- og konkurranse-sesong der det var utført lite trening i forkant, og dermed hadde i utgangspunktet større forutsetninger til å forbedre utholdenhetsvariabler (Breil et al., 2010). Også andre tidligere studier med blokklegging av HIT hos godt trente utholdenhetsutøvere kan vise til signifikant økning av VO_{2maks} , forskjellen fra disse til den inneværende studien er at de går over lengre tidsperioder (5 uker til 4 måneder) (Rønnestad et al., 2012; Rønnestad et al., 2016; Støren et al., 2012). Dette kan tyde på at godt trente utholdenhetsutøvere trenger lengre tidsperiode med utholdenhets trening enn det den inneværende studien brukte for å kunne øke VO_{2maks} .

Det ble funnet veldig stor korrelasjon mellom VO_{2maks} og snitthastighet siste minutt i VO_{2maks} -testen (figur 10a). Dette støttes av tidligere litteratur som påpeker at VO_{2maks} er sett på som den viktigste faktoren for utholdenhetsprestasjon (Basset & Howley, 2000) Det ble også i tillegg funnet store individuelle forskjeller ved endringer i VO_{2maks} fra - 4,45% til + 9,1 innad i Blokk (figur 11). Lignende variasjon i VO_{2maks} fant også Breil, et al. (2010) med variasjon fra ca. 1 til 11% etter 11-dagers HIT blokk. På bakgrunn av denne variasjonen antas de å være stor individuell variasjon ved stimuli på VO_{2maks} ved gjennomføring HIT blokk med påfølgende kort treningsreduksjonsperiode.



Figur 11: Endring i VO_{2maks} innad i gruppene med individuelle resultater med stiplet-linje, og gjennomsnitt med tykk linje.

5.4 Terskelhastighet

Det ble funnet signifikant forbedring med stor effekt fordel Blokk på terskelhastighet ved 4 mmol/L [l_a]. Terskelhastigheten har også i tidligere studier vist å bli forbedret etter endt HIT blokk hos godt trente utholdenhetsutøvere (Clark et al., 2014; Rønnestad et al., 2016; Rønnestad & Vikmoen, 2019). Økning av terskelhastighet er også relatert til evnen til holde høyere belastning i konkurranser med lang konkurransetid (Bishop et al., 2000; Lucia, et al., 2004). Derfor kan det antas at økning i terskelhastighet hos Blokk er med på å forklare tendensen til forbedring for prestasjonsfaktoren (snitthastighet siste minutt i VO_{2maks} testen), da det ikke ble funnet forbedring i verken arbeidsøkonomi, utnyttingsgrad (% av VO_{2maks} ved LT) eller VO_{2maks} som er de andre bestemmende variablene for utholdenhetsprestasjon (Basset & Howley, 2000). Her ble det i motsetning bare funnet en liten korrelasjon ($r=0,21$) mellom disse variablene, men som tidligere sagt så trenger ikke korrelasjon forklare årsaken.

Siden den inneværende studien var relativt kort, var det heller ingen forventning av funn til endring i utnyttingsgrad. Dette ses også se i likhet med tidligere intervensjonsstudier med kort intervensjonsperiode som heller ikke har observert forbedring av utnyttelsesgrad (Sjødin et al 1982; Helgerud et al, 2007; Losnegard et al., 2013; Rønnestad et al., 2016). I studien til Rusko, et al., 1987 observert de etter hele fire år med utholdenhetstrening en bedret utnyttelses grad i skigang hos unge finske langrennsløpere. Dette kan tyde på at det kreves lengre perioder med spesifikk utholdenhetstrening for å forbedre utnyttelsesgraden.

Årsaken til forbedring av terskelhastighet er noe usikker, men resultat av lavere HF og opplevd belastning på submaksimal belastning er med på å understøtte funnet. Dette ble også observert i Solli et al, (2017) som er en case studie av verdens mestvinnende vinterolympier i langrenn. Den observert at utøveren hadde en stabil høy VO_{2maks} (ca. $68 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) i de 5 mest vellykkede konkurransesesongene, mens terskelhastigheten økte i perioder. Både deltakeren og trenerne fremhevet hennes gradvis forbedrede evne til å trene med relativt høy hastighet og teknisk kvalitet også under LIT- og MIT-økter. Her viste også av laktatprofilene hennes, der hastigheten gradvis økte ved submaksimale laktatnivåer gjennom hele karrieren og var antatt å være en av hovedårsakene til hennes gode prestasjoner (Solli et al., 2017). Lignende resultater ble også vist i verdensrekord for kvinnelig maraton (Jones, 2006) og en roer i verdensklasse (Bourgois et al., 2014). Dette er i likhet med den inneværende studien som også viste til økt terskelhastighet ved u-endret eller stabil VO_{2maks} , og i tillegg lavere HF, [la] og opplevd anstrengelse på samme submaksimal belastning. I motsetning kan vi se at 5 ukers HIT blokk observert økt VO_{2maks} . Forbedringen i VO_{2maks} ble antatt å være hovedårsak til økningen i terskelhastighet hos godt trente langrennsløpere (Rønnestad et al., 2016). Dette fordi hverken arbeidsøkonomi eller utnyttelsesgrad ble forbedret (Rønnestad et al., 2016). Dette har også blitt diskutert i tidligere studier, der funn av økt VO_{2maks} , men ved manglende forbedring av utnyttelsesgrad har økt VO_{2maks} blitt antatt som hovedårsak til forbedring av terskelhastigheten (Helgerud et al., 2007; Losnegard et al., 2013; Sjødin et al., 1987) Dette støttes delvis av den moderate korrelasjon ($r=0,47$) til ending mellom VO_{2maks} og terskelhastighet som ble funnet i den inneværende studien.

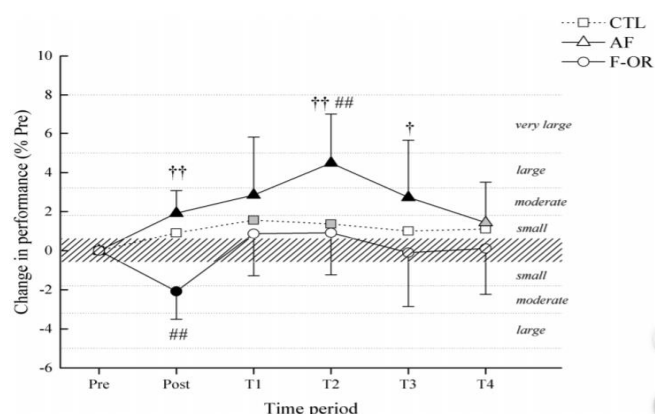
Som tidligere nevnt var det store individuelle forskjeller da 7 av 12 økte VO_{2maks} . I tillegg var endringene i terskelhastighet svært individuelt varierende fra -2,5% reduksjon til +8,8% økning, der 11 av 12 deltagere økte terskelhastigheten innad i Blokk. Dette kan ses i sammenheng med 5 av de 7 deltagerne som økte VO_{2maks} også økte terskelhastigheten. Dette kan være delvis med på å forklare økningen av terskelhastighet hos de enkelte deltagerne.

En annen potensiell årsak for forbedringen kan tenkes å være bedring av teknikk på rulleskimøllen. Teknikk kan ha blitt bedret ved å gjennomføre HIT øktene på møllen. Det ble også et høyt teknisk fokus på hastighet over terskel da deltakernes trenere også var tilstede under en del av øktene. Dette kan ha resultert i en potensiell forbedring i skøyteknikk som igjen kan påvirke terskelhastigheten ved post test, selv om de fleste hadde god erfaring med rulleskimølle.

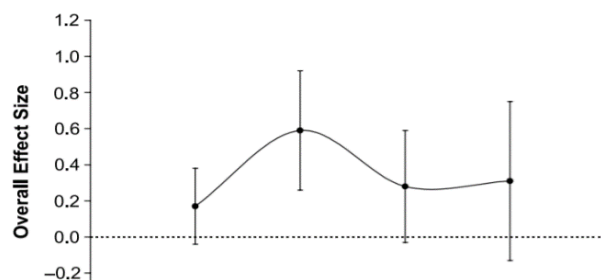
5.5 Snitthastighet siste minutt på VO_{2maks}-testen

Det ble funnet tendens til forskjell ved snitthastighet siste minutt på VO_{2maks}-testen mellom gruppene med en stor effekt fordel Blokk. Her økte Blokk hastigheten signifikant med 3,1% innad i gruppen. Lignende resultat er sett i tidligere studier som også har vist bedring av prestasjonsfaktor (maksimal aerob kraftutgang) ved en prestasjonstest på sykkel med 5,4% etter 6-dagers blokk med HIT etterfulgt av 5 dager treningsreduksjon (Rønnestad & Vikmoen, 2019). Også Hos en gruppe godt trente utholdenhetsutøvere økte sykkelprestasjon med hele 10 % etter bare 7 dager med formoppkjøring med HIT intervaller etterfulgt av 2 ukers treningsreduksjonsperiode (Clark et al., 2014). Fremgang i maks aerob kraftutgang i sykkel har også blitt rapportert forbedret hos alpinutøvere som utførte 15 HIT økter over 11 dager (Breil et al., 2010).

Vi kan se til andre studier som har implementert lengre formoppkjøringsperioder (3-4uker), har observert nedgang i prestasjonsfaktorene med ca. 2 til 4% etter formoppkjøringsfasen. Dette på grunn av overbelastning over lengre tid, mens etter treningsreduksjonsperioden (2-4 uker) ble det ikke funnet forbedring i prestasjon sammenliknet med kontrollgruppene (Abury, et al, 2014; Coutts, et al., 2007) Det kan være fordi treningsreduksjonsperioden blir for lang og gir dermed for lite stimuli til utholdenhetsfaktorene, som konsekvens til nedgang i prestasjonsvariabler. I studien til Abury, et al. (2014) ble det observert økt prestasjon med 5%, to uker etter formoppkjøringsperioden, mens etter tre og fire uker



Figur 12: Viser prestasjonsforandring (%) der de absolutt beste resultatene kom 2 uker etter endt formoppkjøringsfase. (Abury et al., 2014)



Figur 12: Doseresponskurve med ES for treningsreduksjonstid for prestasjon (Bosquet et al., 2007)

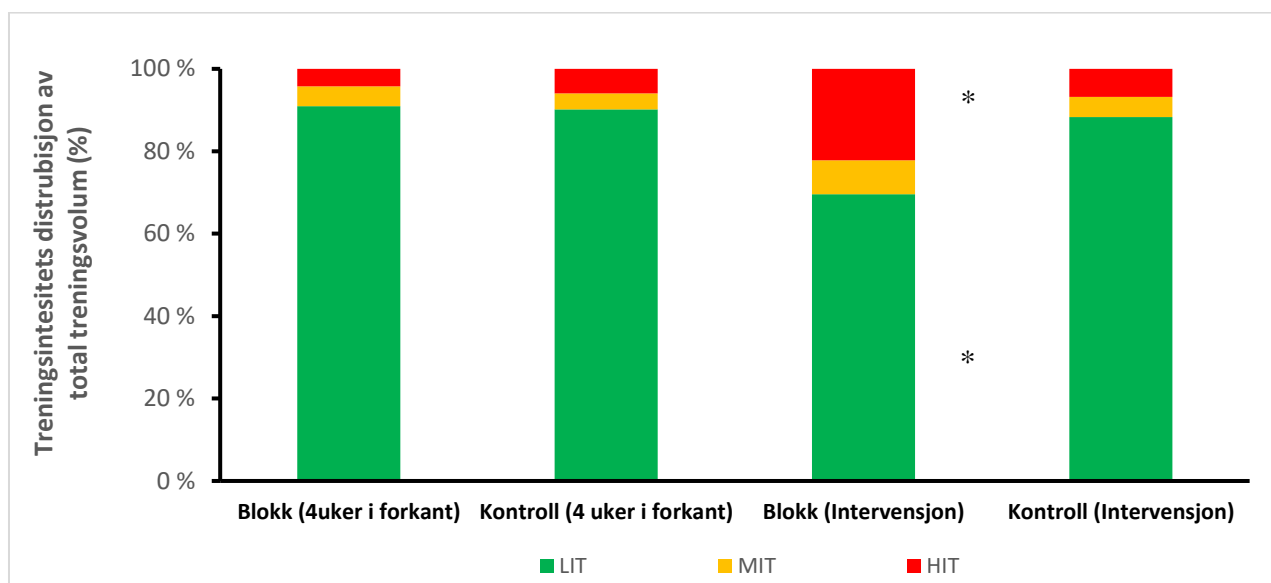
ble prestasjon observert dårligere (Figur 12). Det samme funnet ble gjort i en metaanalyse med undersøkelser av 27 blokkstudier som viste funn av de beste prestasjonsresultater etter 2- uker med treningsreduksjon med (Figur 13) (Bosquet et al., 2007). Dermed kan det spekuleres om en kortere formoppkjøringsperiode kan minske risiko for reduksjon av superkompensasjonseffekten, man oppnår ved treningsreduksjonsperioden. Hvis det er tilfelle kan det virke at optimal treningsreduksjonstid er opp mot 14 dager med treningsreduksjon for å beholde stimuli i prestasjon. Dette støttes fra flere studier med komprimert HIT blokk med påfølgende treingsreduksjonsperiode opptil 7 dager, som har observert forbedring i variabler for utholdenhetsprestasjon (Houmard et al., 1994; Breil et al., 2010; Abury et al., 2014; Clark et al., 2014; Rønnestad & Vikmoen, 2019) Som er i likhet med funn av forbedring av variabler for utholdenhetsprestasjon i den inneværende studien. På bakgrunn av dette antas det at implementering med kort treningsreduksjonsperiode etter komprimert HIT blokk, kan være en effektiv måte å forbedre utholdenhetsprestasjonen.

5.6 Arbeidsøkonomi

Arbeidsøkonomi målt som $VO_2(\text{ml/kg}^{-1}/\text{min}^{-1})$ ved 11km/t-1 -7%, viste til ikke til signifikant endring. Det ble funnet en moderat korrelasjon med utnyttelsesgrad og $VO_{2\text{maks}}$ i Blokk. Dette støttes av tilsvarende like funn i alle tre variablene, da ingen resulterte i endring. Dette var også forventet da tidligere studier med inkludering av HIT blokk heller ikke har observert endret arbeidsøkonomi (Clark et al., 2014; Rønnestad et al., 2012; Rønnestad et al., 2016; Rønnestad & Vikmoen, 2019; Støren et al., 2012). Dette støttes også av tidligere litteratur som antar at utholdenhets trening med mye LIT over lengre tid vill bedre arbeidsøkonomien (Scrimgeour et al., 1986; Lucía et al., 2002; Quatman-Yates et al., 2012). Vi ser også at lengre tid over 90% av $VO_{2\text{maks}}$ i øktene ved den innværende studien hadde en stor korrelasjon med endring til dårligere arbeidsøkonomi.

5.7 Metodiske vurderinger

I metoden ser vi at det ikke var forskjell mellom gruppene ($p=0,36$) ved total treningsbelastning (TRIMP) under treningsintervensjonen. Samtidig ser vi at under intervensjonen tilbrakte Blokk signifikant mer tid i HIT-sonen, mens Kontroll tilbrakte signifikant mer tid i LIT-sonen (Figur 13). Dette betyr at antall minutter i LIT og HIT ikke ble likt for begge gruppene, som igjen kan fortelle at mer tid i HIT og mindre LIT kan være årsak til signifikant økt terskelhastighet, og tendens til økt snitthastighet siste minuttet i $VO_{2\text{maks}}$ testen, samt ingen reduksjon i Hb_{masse} .



Figur 13: Treningsoversikt av 3 delt-intensitetsskala i % av total mengde, der de representerer trening 4 uker i forkant og under intervensjons perioden. * = signifikant forskjell mellom gruppene ved tid brukt i intensitetssone.

Vi ser at det var stor variasjon (CV%) mellom deltagerne i øktene som antas å være på grunn av få inkluderte deltagere i beregningen, spesielt ved tid over 90% av HF_{maks} . Dette selv om det var stor intraklassekorrelasjon mellom øktene. Den store variasjonen antas å ha oppstått fordi det kun var fem og syv deltagere som gjennomførte øktene på tilnærmet lik hastighet på hhv. økt 1 til 2 og økt 2 til 5 i HIT blokken. Enda større variasjon ble observert ved tid over 90% av HF_{maks} , der det kun var fire og seks som ble inkludert, da en deltager ble ekskludert på grunn av feilmåling i HF. Vi ser også at det var mange av deltagerne som måtte justere hastighet underveis i arbeids intervallene, noe som gjorde det vanskelig å sammenligne og diskutere øktene. Det antas at dette kunne blitt bedret ved bruk av en lavere belastning på HIT drag. For eksempel endret belastning i innad i HIT øktene, til terskelhastighet ved 60 sekundere og 95% av MAS ved 40 sekundere. Dette er vanskelig å forutse i forkant, men mulig kunne hatt flere pilot-testere i forkant av intervensjonen. Det kunne også vært bedre oppfølging på treningsdagbok, da noen av deltagerne ikke hadde fylt inn treningsdata under intervensjonen eller manglet treningsdata for de 4 ukene i forkant.

5.8 Praktiske vurderinger

Ved å se på mekanismene bak HIT blokk så er det liten tvil om at det finnes positive effekter og fordeler for prestasjonsvariabler ved å gjennomføre en komprimert HIT blokk. Tidligere studier har observert at forbedret prestasjon ikke alltid skyldes økning i VO_{2maks} , men heller

en konsekvens av økt terskelhastighet og utnyttelsesgrad (Evertsen et al., 2001; Issurin, 2008; Sandbakk et al., 2013).

Redusert $[la^-]$ ved intensitet som er høyere enn LT som positivt for utholdenhetsprestasjon. Høyere terskelhastighet og utnyttingsgrad kan forklares ved blant annet økning i eliminasjonen av laktat (Evertsen et al., 2001). I tillegg kan biomekaniske endringer, økning i kapillærtetthet, endret fibertypeegenskaper, og endringer i sentralnervesystemet kan være forklaringer til økt prestasjon (Sandbakk & Holmberg, 2014). På bakgrunn av dette ville det vært inntresant i tillegg å gjennomføre biopsi for å se på fibertypesammensetting har en eventuell korrelasjon mot utholdenhetsfaktorer. Ved biopsi kunne man også sett på mitokondriellendring i muskulaturen, som er inntresant ved at det er en viktig faktor for VO_{2maks} (Montero et al., 2015), og som igjen har stor påvirkning for utholdenhetsprestasjon (Basset & Howley, 2000)

Tilgang til rulleskimølle er kostbart for privatpersoner, så ved å utføre HIT-økt designet i større grad valid til overførbarhet for utøvere som kunne brukt samme HIT-blokken i ettertid. Kunne vi gjennomført HIT-øktene utendørs med bærbar oksygenanalysator. Samtidig ville dette vært mindre reliabelt med tanke på målesikkerhet av eventuell bærbar oksygenanalysator som har en større feilmargin, og kontrollerbarhet med hastighet og motstand på rulleski ved varierende værforhold.

HIT blokk framkaller betydelige forbedringer i variabler for utholdenhetsprestasjon hos allerede godt trente utøvere (Breil et al., 2010; Clark et al., 2014; Gaskill et al. 1999; Rønnestad et al., 2016; Rønnestad & Vikmoen, 2019; Sandbakk et al., 2012, Solli et al., 2019; Støren et al., 2012). Med forbedringene i de tidligere studien og sammen med funn fra den inneværende burde det være fordelaktig for utøvere å utprøve metoden, for senere implementering til treningsplanen for å øke prestasjonen inn mot viktige konkurranser. Ytterligere forskning er derfor nødvendig for å styrke forståelsen på hvorfor komprimert HIT blokk gir en større effekt enn tradisjonell trening på prestasjonsvariabler hos godt trente langrennsløpere.

5.7 Konklusjon

Blokk sammenliknet med Kontroll resulterte i signifikant forskjell i Hb_{masse} og økt terskelhastighet, samt signifikant lavere i HF verdier og opplevd anstrengelse ved submaksimalbelastning. I tillegg var det en tendens økt snitthastighet siste minutt på VO_{2maks} testen. Dette kan tyde på at en 6 dagers HIT bolk kan bedre prestasjonsvariabler. Vi observerte imidlertid hverken positiv eller negativ effekt på VO_{2maks}, arbeidsøkonomi og utnyttingsgrad.

6 Referanser

- Abury, A., Hausswirth, C., Louis, J., Cutts, A.J., Le Meur, Y. (2014) *Functional overreaching: The key to peak performance during taper?* Med Sci Sports Exerc: sep;46(9):1769-77
- Andersson, E., Supej, M., Sandbakk, O., Sperlich, B., Stoggl, T., Holmberg, H.C. (2010) *Analysis of sprint cross-country skiing using a differential global navigation satellite system.* Eur J Appl Physiol. 2010;110(3):585–595.
- Astorino, T.A., Edmunds, R.M., Clark, A., KING, L., Gallant, R.A., Namn, S., Fischer, A., Wood., K.M. (2017) *High-Intensity Interval Training Increases Cardiac Output and VO_{2max}.* Department of Kinesiology, California State University, San Marcos. Med Sci Sports Exerc. 2017 Feb;49(2):265-273.
- Bassett, D. R., Jr., & Howley, E. T. (2000). *Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance.* Med Sci Sports Exerc, 32(1), 70-84.
- Blomquist, C.G., Saltin, B. (1983) *Cardiovascular adaptations to physical training.* Annu Rev Physiol 1983;45:16989.
- Borg, G. *Psychophysical bases of perceived exertion.* (1982) Medicine and science in sports and exercise. 1982; 14(5): 377-381.

- Bossi, A. H., Mesquida, C., Passfield, L., Ronnestad, B. R., & Hopker, J. G. (2020). *Optimizing Interval Training Through Power-Output Variation Within the Work Intervals*. *Int J Sports Physiol Perform*, 1-8. doi:10.1123/ijsp.2019-0260

- Bosquet, L., Montpetit, J., Arvisais, D., Mjuka, I. (2007). *Effects on tapering on performance: A meta analysis*. *Med Sci Sports Exerc*. 2007 Aug;39(8):1358-65

-
- 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 Med*. 2001;1:13–31.

- Billat, V., Lepretre, P.M., Heugas, A.M., , Laurence, M.H., Salim, D., Koralsztejn, J.P. (2003)*Training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners*. *Med Sci Sports Exerc*. 2003 Feb;35(2):297-304; discussion 305-6.

- Bishop, D, Jenkins, D.G., McEniery, M, Carey, M.F. (2000) *Relationship between plasma lactate parameters and muscle characteristics in female cyclists*. *Med Sci Sports Exerc* 2000: 32: 1088–1093.

- Bolger, C. M., Kocbach, J., Hegge, A. M., & Sandbakk, O. (2015). *Speed and heart-rate profiles in skating and classical cross-country skiing competitions*. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(7), 873-880. doi:10.1123/ijsp.2014-0335

- Bourgois J., Steyaert A., Boone J. (2014) *Physiological and anthropometric progression in an international oarsman: a 15-year case study*. *Int. J. Sports Physiol. Perform*. 9, 723–726. 10.1123/ijsp.2013-0267

- Breil, F.A, Weber, S.A., Koller, S., Hoppeler, H., Vogt, M. (2010) *Block training periodization in alpine skiing: effect on 11-days HIT on VO₂max and performance*. *Eur J Appl Physiol*. 2010;109(6):1077-1086.

- Burtscher, M., Nachbauer, W., Wilber, R. (2011) *The upper limit of aerobic power in humans*. *European Journal of Applied Physiology* volume 111, pages2625–2628(2011)

- Bucheit, M., og P. B. Laursen. (2013) "*High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis.*" *Sports Med* 43(5):313-38.

- Cerretelli , P., Pramperio, P.E. (1987) *Gas exchange in exercise*, *Compr physiol* 2011, supplement 13: Handbook of physiology, the respiratory system, Gas exchange:297-339. First published in print 1987. doi: 10.1002/cphy.cp030 416

- Clark, B., Costa, V.P., Brien, B.J.O., Guglielmo, L.G., Carl, D. (2014) *Effects of a seven day overload-period of high-intensity training on performance and physiology of competitive cyclists. PLoS One.* 2014;9(12):1–14.
doi:10.1371/journal.pone.0115308

- Conley, D.L., Krahenbuhl, G.S. (1980) *Running economy and distance running performance of highly trained athletes.* *Med Sci Sports Exerc.* 1980;12(5):357-60.

- Cohen, J. (1977). *The t Test for Means. I Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2. utg., s. 19-74). New York: Routledge.

- Costill, D.L., Thomason, H., Roberts, E. (1973) *Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running.* *Med Sci Sports.*1973 Winter;5(4):248-52

- Coutts, A.J., Wallace, L.K., Slattery, K.M. (2007) *Monitoring changes in performance, physiology, biochemistry, and psychology during overreaching and recovery in triathletes.* *Int J Sports Med.* 2007; 28(2): 125- 134.

- Coyle, E. F., Hemmert, M. K., & Coggan, A. R. (1986). Effects of detraining on cardiovascular responses to exercise: role of blood volume. *J Appl Physiol* (1985), 60(1), 95-99. doi: 10.1152/jappl.1986.60.1.95

- Coyle, E.F. (1995) *Integration of the physiological factors determining endurance performance ability.* *Exerc Sport Sci Rev.* 1995;23:25-63.

- Da Silva, A. I., & Fernandez, R. (2003). *Dehydration of football referees during a match*. Br J Sports Med, 37(6), 502-506.
- Daussin, F.N., Zoll, J., Dufour, S.P., Ponsot, E., Lonsdorfer-Wolf, E., Doutreleau, S., Mettauer, B., Piquard, F., Geny, B., Richard, R. (2008) *Effect of interval versus continuous training on cardiorespiratory and mitochondrial functions: relationship to aerobic performance improvements in sedentary subjects*. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2008; 295(1):R264-72.
- Daniels, J., Scardina, N., Hayes, J., Foley, P. (1984) *Elite and subelite female middle- and long-distance runners*. In: *Sport and Elite Performers*. D. M. Landers, ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 1984. pp. 57–72.
- Dempsey, J. A., Hanson, P. G., Henderson, K. S. (1984). *Exercise-induced arterial hypoxaemia in healthy human subjects at sea level*. J Physiol, 355, 161-175
- Dempsey, J. A., McKenzieie, D.C., Haverkamp, H.C., Eldridge, M.W. (2008) *Update in the understanding of respiratory limitations to excersice performance in fit, active adults*. Chest; 134(3):613-22
- Dunn, A., Lo, V., Donnelly, S. (2007). *The role of the kidney in blood volume regulation: the kidney as a regulator of the hematocrit*. Am J Med Sci, 334(1), 65-71. doi: 10.1097/MAJ.0b013e318095a4ae
- Ekblom, B., Hermansen, L. (1968). *Cardiac output in athletes*. J Appl Physiol;25(5):619-25
- Evertsen, F., Medbø, J.I., Bonen, A. (2001) *Effect of training intensity on muscle lactate transporters and 18 lactate threshold of cross-country skiers*. Acta Physiol Scand. 2001;173(2):195–205.

- Fellmann, N. (1992). Hormonal and plasma volume alterations following endurance exercise. A brief review. *Sports Med*, 13(1), 37-49.

- FIS. (2019) *The international ski competition rules (ICR: book II cross-country. The International Ski Federation*. Approved by the 51st international skicongress, Costa Navarino (GRE) Incl Marked-ups and precisions. https://assets.fis-ski.com/image/upload/v1574757894/fis-prod/assets/ICR_CrossCountry_2019clean.pdf

- Foss, Ø. & Hallén, J. (2005). *Cadence and performance in elite cyclists*. *Eur. J. Appl. Physiol.* 93 (4): 453 – 462.

- Foster, C & Lucia, A. (2007) *Running economy: the forgotten factor in elite performance*. *Sports Med*. 2007;37(4-5):316-9.

- Gaskill, S.E., Serfass, R.C., Bacharach, D.W., Kelly, J.M. (1999) *Responses to training in cross-country skiers*. *Med Sci Sports Exerc.* august 1999;31(8):1211–7.

- Gjerset, A., Svendsen, T.M., Enoksen, E., Weinholdt, T., Vilberg, A., Major, J., Oslen, E. (2005) *Idrettens treningslære*, Universitetsforlaget, OSLO 7. opplag

- Gollnick, P. D., Piehl, K., & Saltin, B. (1974). *Selective glycogen depletion pattern in human muscle fibres after exercise of varying intensity and at varying pedalling rates*. *The Journal of Physiology*, 241(1), 45–57.

- Gore, C. J., Hahn, A. G., Burge, C. M., & Telford, R. D. (1997). *VO₂max and haemoglobin mass of trained athletes during high intensity training*. *Int J Sports Med*, 18(6), 477-482.

- Hallen, J, (1995). *Hva bestemmer prestasjonen i det lange løp ?*, Kondis nr. 3-mai/juni Forlagsats AS.

- Hallén, J. (2004). *Det maksimale oksygenopptaketets betydning i utholdenhetsidretter. I Tjelta & Enoksen (red.), Utholdenhetstrening, løping, sykling, langrenn* (Kristiansand: Høyskoleforlaget).
- Hansen, E.A., Sjøgaard, G. (2007) *Relationship between efficiency and pedal rate in cycling: significance of internal power and muscle fiber type composition*. Scand J Med Sci Sports. 2007 Aug;17(4):408-14. Epub 2006 Jun 28.
- Helgerud, J., Høydal, K. L., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P. R., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C. S., Hjorth, N. L., Bach, R. & Hoff, J. (2007). *Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training*. Med. Sci. Sports Exerc. 39 (4): 665 – 671
- Hoff J, Helgerud J, Wisløff U. (1999) *Maximal strength training improves work economy in trained female crosscountry skiers*. Med Sci Sports Exerc 1999; 31(6): 870–877.
- Hoff, J., Gran, A. & Helgerud, J. (2002). *Maximal strength training improves aerobic endurance performance*. Scand. J. Med. Sci. Sports. 12 (5): 288 – 295.
- Holand, A. (2011). *Bevegelsens årsak – elementær innføring i mekanikk og bevegelsesanalyse*. Oslo: Cappelen Damm AS
- Holloszy, J.O. (1967). *Biochemical adaptations in muscle: effects of exercise on mitochondrial oxygen uptake and respiratory enzyme activity in skeletal muscle*. J Biol Chem 242, 2278–2282
- Horowitz, J.F., Sidossis, L.S., Coyle, E.F. (1994) *High efficiency of type I muscle fibers improves performance*. Int J Sports Med. 1994 Apr;15(3):152-7.
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). *Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science*. Med Sci Sports Exerc, 41(1), 3-13

- Holmberg, H.C., Lindinger, S., Stoggl, T., Eitzlmair, E., & Muller, E. (2005). *Biomechanical analysis of double poling in elite cross-country skiers*. *Med Sci Sports Exerc*, 37(5), 807-818.
- Holmberg, H.C., Rosdahl H, Svedenhag J. (2007) *Lung function, arterial saturation and oxygen uptake in elite cross country skiers: influence of exercise mode*. *Scand J Med Sci Sports* 2007; 17(4): 437–444.
- Houmard, J.A., Scott, B.K., Justice, C.L., Chenier T.C. (1994) *The effects of taper on performance in distance runners*. *Med Sci Sports Training*. 1994 Mai; 26 (5): 624-31.
- Hopker J, Coleman D, Passfield L. Changes in cycling efficiency during a competitive season. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(4):912–919.
- Impellizzeri, F.M., Marcora, S.M. (2007). *The physiology of mountain biking*. *Sports Med*. 2007;37(1):59–71.
- Issurin, V. (2008). *Block periodization versus traditional training theory: a review*. *J Sports Med Phys Fitness*, 48(1), 65-75
- Jones A.M., Carter, H. (2000) *The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness*. *Sports med*. 2000;29(6):373-86
- Jones A. M. (2006). The physiology of the world record holder for the Women's Marathon. *Int. J. Sports Sci. Coach*. 1, 101–116. 10.1260/174795406777641258
- Joyner, M. J. & Coyle, E. F. (2008). *Endurance exercise performance: the physiology of champions*. *J. Physiol*. 586 (1): 35 – 44.
- Kvamme, B., Jakobsen, V., Hetland, S. & Smith, G. (2005). *Ski skating technique and physiological responses across slopes and speeds*. *Eur. J. Appl. Physiol*. 95 (2-3): 205 –212.

- Kyröläinen, H., Belli, A. & Komi, P. V. (2001). *Biomechanical factors affecting running economy*. Med. Sci. Sports Exerc. 33 (8): 1330 – 1337.
- Laursen, P.B., Jenkins, D.G. (2002). *The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes*. Sports Med 2002: 32(1): 53–73.
- Losnegard, T., Mikkelsen, K., Ronnestad, B. R., Hallen, J., Rud, B., & Raastad, T. (2011). *The effect of heavy strength training on muscle mass and physical performance in elite cross country skiers*. Scand J Med Sci Sports, 21(3), 389-401. doi: 10.1111/j.1600 0838.2009.01074.x
- Losnegard T, Myklebust H, Spencer M, Hallén J. (2013) *Seasonal variations in VO₂max, O₂-cost, O₂-deficit, and performance in elite cross-country skiers*. J Strength Cond Res 2013; 27: 1780–1790.
- Losnegard, T. (2019). *Energy system contribution during competitive cross-country skiing*. Eur J Appl Physiol, 119(8), 1675-1690.
- Lucia A, Hoyos J, Pérez M, Santalla A, Earnest CP, Chicharro JL. (2004) *Which laboratory variable is related with time trial performance time in the Tour de France?* Br J Sports Med 2004; 38: 636–640
- Lucía, A., Hoyos, J., Pérez, M., Santalla, A., Chicharro, J.L., (2002) *Inverse relationship between VO₂max and economy/efficiency in world-class cyclists*. Med Sci Sports Exerc. 2002 Dec;34(12):2079-84.
- Lucia A, Hoyos J, Santalla A, Earnest C, Chicharro JL. *Tour de France versus Vuelta a Espana: which is harder?* Med Sci Sports Exerc. 2003;35(5):872-878
- Lundby C, Montero D, Joyner M. (2017). *Biology of VO₂ max: looking under the physiology lamp*. Acta Physiol (Oxf). 2017;220(2):218–228.

- Lundby, C., & Robach, P. (2015). *Performance Enhancement: What Are the Physiological Limits? Physiology* (Bethesda), 30(4), 282-292.
- Marsland, F., Mackintosh, C., Holmberg, H.C., Anson, J., Waddington, G., Lyons, K., Chapman D. (2017) *Full course macro-kinematic analysis of a 10 km classical cross-country skiing competition*. PLoS One. 2017;12(8):e0182262
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch V. L. (2014) *Exercise physiology*. 8th ed. Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins
- McConell, G.K., Costill, D.L., Widrick, J.J., Hickey, M.S., Tanaka, H., Gustin, P.B. (1993) *Reduced training volume and intensity maintain aerobic capacity but not performance in distance runners*. Int J Sports Med. 1993 jan; 14 (1): 33-7.
- McGawley, K., Juudas, E., Kazior, Z., Strom, K., Blomstrand, E., Hansson, O., & Holmberg, H. C. (2017). *No Additional Benefits of Block- Over Evenly-Distributed High-Intensity Interval Training within a Polarized Microcycle*. Front Physiol, 8, 413.
- McKenzie, D.C. (2012). *Respiratory physiology: adaptations to high-level exercise*. Br Sports Med. 46(6):381-4.
- Midgley, A.W., McNaughton, L.R., Wilkinson, M. (2006). *Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners?: empirical research findings, current opinions, physiological rationale and practical recommendations*. Sports Med. 2006;36:117–132.
- Montero, D., Breenfeldt-Andersen, A., Oberholzer, L., Haider, T., Goetze, J. P., Meinild-Lundby, A. K., & Lundby, C. (2017). *Erythropoiesis with endurance training: dynamics and mechanisms*. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 312(6), R894-r902.
- Montero, D., Cathomen, A., Jacobs, R. A., Fluck, D., de Leur, J., Keiser, S., . . . Lundby, C. (2015). *Haematological rather than skeletal muscle adaptations*

contribute to the increase in peak oxygen uptake induced by moderate endurance training. J Physiol, 593(20), 4677-4688.

- Montero, D., Diaz-Canestro, C., & Lundby, C. (2015). *Endurance Training and V O₂max: Role of Maximal Cardiac Output and Oxygen Extraction.* Med Sci Sports Exerc, 47(10), 2024-2033.
- Montero, D., & Lundby, C. (2018). *Regulation of Red Blood Cell Volume with Exercise Training.* Compr Physiol, 9(1), 149-164
- Mujika, I., Chtard J.C., Busso, T., Geysant, A., Bartale, F., Lacoste, L. (1995) *Effects of training on performance in competitive swimming.* Can J Appl Physiol 1995: 20: 395-406
- Mujika I, Goya A, Padilla S, et al. (2000) *Physiological responses to a 6-d taper in middle-distance runners: influence of training intensity and volume.* Med Sci Sports Exerc 2000; 32: 511-7
- Mujika, I., Padilla, S. (2003) *Scientific bases for precompetition tapering strategies.* Med Sci Sports Exerc. 2003;35(7):1182-1187.
- Neary J.P, Bhambhani, Y.N, McKenzie, D.C, (2003) *Effects of different stepwise reduction taper protocols on cycling performance.* Can J Appl Physiol. 2003 Aug;28(4):576-87
- Pate RR, Kriska A. (1984) *Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance.* Sports Med 1984: 1: 87–98.
- Pellegrini B, Zoppirolli C, Bortolan L, Holmberg HC, Zamparo P, Schena F. (2013) *Biomechanical and energetic determinants of technique selection in classical cross-country skiing.* Hum Mov Sci. 2013;32(6):1415–1429.
- Rusko, H. (1987) *The effect of training on aerobic power characteristics of young cross-country skiers.* J Sports Sci 1987: 5(3): 273–286.

- Rusko, H. (2003). *Handbook of Sports Medicine and Science – Cross Country Skiing*. Massachusetts, USA: Blackwell Science Inc

- Rønnestad, B.R., Hansen, E.A., Raastad, T. (2010) *Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists*. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108(5):965–975.

- Rønnestad, B. R., Ellefsen, S., Nygaard, H., Zacharoff, E. E., Vikmoen, O., Hansen, J., & Hallen, J. (2012). *Effects of 12 weeks of block periodization on performance and performance indices in well-trained cyclists*. *Scand J Med Sci Sports*, 24(2), 327-335

- Rønnestad, B.R., Hansen, J. (2016) *Optimizing interval training at power output associated with peak oxygen uptake in well trained cyclists*. *J Strength Cond Res*. 2016;30(4):999-35.

- Rønnestad, B.R., Hansen, J., Thyli, V., Bakken, T.A., Sandbakk, Ø. (2016) *5-week block periodization increases aerobic power in elite cross country skiers*. *Scand J Med Sci Sports* 2016;26:140-146.

- Rønnestad, B.R., Hansen, J., Vegge, G, Mujika, I. (2017) *Short-term performance peaking in an elite cross-country mountain biker*. *J Sports Sci*. 2017 Jul;35(14):1392-1395.

- Rønnestad, B. R., & Tønnessen, E. (2018). *Utholdenhetstrening. I Trening; fra barneidrett til toppidrett* (s. 22-41): Gyldendal.

- Rønnestad, B.R., Rømer, T., Hansen, J. (2019) *A fast start during work intervals increases the oxygen uptake in well-trained cross-country skiers*. Submitted to *Int J Sports Physiol Perform*. 2019 Oct 15:1-7.

- Rønnestad, B.R & Vikmoen, O. (2019) *A 11-day compressed overload and taper induces larger physiological improvements than a normal taper in elite cyclists. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports 2019 s. 1-10*
- Saltin, B., Åstrand, P.O. (1967) *Maximal oxygen uptake in athletes. J Appl Physiol; 23: 353-358.*
- Saltin, B. (1988). *Aerob arbeidsformåga: Syrets veg till och forbrukning i arbetande muskulatur. I Forsberg & Saltin (red.), Konditionstræning (Sveriges Riksidrettsförbund)*
- Sandbakk, O & Tønnessen, E (2012), *Den Norske langrennsboka. Ascheug forlag, Oslo*
- Sandbakk, Ø., Sandbakk, S.B., Ettema, G., Welde, B. (2013) *Effects of Intensity and Duration in Aerobic High-Intensity Interval Training in Highly Trained Junior Cross-Country Skiers: J Strength Cond Res. juli 2013;27(7):1974–80.*
- Sandbakk, Ø. & Holmberg, H. C. (2014). *A reappraisal of success factors for Olympic cross-country skiing. Int. J. Sports Physiol. Perform. 9 (1): 117 – 121.*
- Saunders, P.U., Pyne, D.B., Telford, R.D., Hawley, J.A. (2004) *Factors affecting running economy in trained distance runners. Sports Med. 2004;34(7):465-85.*
- Sandbakk, O., Losnegard, T., Skattebo, O., Hegge, A.M., Tønnessen, E., Kocbach, J. (2016). *Analysis of classical time-trial performance and technique-specific physiological determinants in elite female cross-country skiers. Front Physiol. 2016;7:326.*
- Schmidt W & Prommer, N. (2008) *Effects of various training modalities on blood volume. Scand J Med Sci Sports 2008: 18 (Suppl. 1): 57–69.*

- 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. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1986;55(2):202-9.
- Seiler, S., Joranson, K., Olesen, B. V., and Hetlelid, K. J. (2013). *Adaptations to aerobic interval training: interactive effects of exercise intensity and total work duration*. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 23, 74–83.
- Seiler, S & Tønnessen, E. (2009). *Intervals, Thresholds, and Long Slow Distance: the Role of Intensity and Duration in Endurance Training*. *SPORTSCIENCE* · sportssci.org. 13. 32-53.
- Sjödin B., Jacobs I., Svedenhag J. (1982). *Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA*. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1982: 49: 45–57.
- Sjödin, B., Svedenhag, J. (1985) *Applied physiology of marathon running*. *Sports Med*. 1985 Mar-Apr;2(2):83-99.
- Smith, D.J. (2003) *A Framework for understanding the training process leading to elite performance*. *Sports Med*. 2003;22(15):1103-26
- Solli, G. S., Tønnessen, E., & Sandbakk, Ø. (2017). *The Training Characteristics of the World's Most Successful Female Cross-Country Skier*. *Frontiers in physiology*, 8, 1069.
- Solli, G.S., Kocbach, J., Seeberg, T.M., Tjonnas, J., Rindal, O.M.H., Haugnes, P., Torvik, P.O., Sandbakk O. (2018) *Sex-based differences in speed, sub-technique selection, and kinematic patterns during low- and high-intensity training for classical cross-country skiing*. *PLoS One*. 2018;13(11):e0207195.

- Solli, G. S., Tonnessen, E., & Sandbakk, O. (2019). *Block vs. Traditional Periodization of HIT: Two Different Paths to Success for the World's Best Cross-Country Skier*. *Front Physiol*, 10, 375.
- Sunde, A., Støren, Ø., Bjerkaas, M., Larsen, M. H. & Hoff, J. & Helgerud, J. (2010). *Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists*. *J. Strength Cond. Res.* 24 (8): 2157 – 2165
- Sylta O, Tonnessen E, Seiler S. (2014) *From heart-rate data to training quantification: a comparison of 3 methods of training-intensity analysis*. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(1):100-107.
- Støa, E. M., Støren, Ø., Enoksen, E., & Ingjer, F. (2010). *Percent utilization of VO2 max at 5-km competition velocity does not determine time performance at 5 km among elite distance runners*. *J Strength Cond Res*, 24(5), 1340-1345. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181cc5f7b
- Stöggl, T. L., & Sperlich, B. (2015). *The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes*. *Front. Physiol.* 6:295. doi: 10.3389/fphys.2015.00295
- Støren, Ø. (2009). *Running and cycling economy in athletes; determining factors, training interventions and testing*. (Doktorgradsavhandling), Medisinsk fakultet,
- Støren, Ø., Bratland-Sanda, S., Håve, M., & Helgerud, J. (2012). *Improved VO2max and time trial performance with more high aerobic intensity interval training and reduced training volume: a case study on an elite national cyclist*. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2705-2711.
- Støren, Ø., Helgerud, J. & Hoff, J. (2011). *Running stride peak forces inversely determine running economy in elite runners*. *J. Strength Cond. Res.* 25 (1): 117 – 123.

- Støren, Ø., Rønnestad, B. R., Sunde, A., Hansen, J., Ellefsen, S. & Helgerud, J. (2014). *A time-saving method to assess power output at lactate threshold in welltrained and elite cyclists*. J. Strength Cond. Res. 28 (3): 622 – 629.
- Tjelta, L & Enoksen, E. (2004), *Utholdenhetstrening*, Høyskoleforlaget AS, Kristiansand
- Turnes T, de Aguiar R.A., Cruz R.S., Caputo F. (2016). *Interval training in the boundaries of severe domain: effects on aerobic parameters*. Eur J Appl Physiol. 2016;116:161-169.
- Vollestad, N. K., Vaage, O., & Hermansen, L. (1984). *Muscle glycogen depletion patterns in type I and subgroups of type II fibres during prolonged severe exercise in man*. Acta Physiol Scand, 122(4), 433-441. doi:10.1111/j.1748-1716.1984.tb07531.x
- Wahl P, Zinner C, Grosskopf C, Rossmann R, Bloch W, Mester J. (2013) *Passive recovery is superior to active recovery during a high-intensity shock microcycle*. J Strength Cond Res. 2013;27(5):1384–1393. doi:10.1519/JSC.0b013e3182653cf
- Warburton, D.E.R., Haykowsky, M.J., Quinney H.A. (2004) *Blood volume expansion and cardiorespiratory function: effects of training modality*. Med Sci Sports Exerc. 2004;36(6):991–1000.
- Wenger, H.A., Bell, G.J. (1986) *The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness*. Sports Med 3:346–356
- Quatman-Yates, C.C., Quatman, C.E., Meszaros, A.J., Paterno, M.V., Hewett, T.E. (2012) *A systematic review of sensorimotor function during adolescence: a developmental stage of increased motor awkwardness?* Br J Sports Med. 2012 Jul;46(9):649-55. doi: 10.1136/bjsm.2010.079616. Epub 2011 Apr 1.

- Østerås, H., Helgerud, J. & Hoff, J. (2002). *Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans*. Eur. J. Appl. Physiol. 88 (3): 255 – 263.

- Åstrand, P. O., Rodahl, K., Dahl, H. A. & Strømme, S. B. (2003). *Textbook of Work Physiology; Physiological Bases of Exercise*. 4th ed. Champaign, IL, USA: Human Kinetics

7: Vedlegg

Vedlegg 1: Samtykkeskjema

Vil du delta i forskningsprosjektet

"Formtopping - Effekten av blokk-hvile tilnærmingen hos langrennsløpere"

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å sammenligne en kort periode med vanlig organisert trening vs. en kort periode med blokktrening. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

▲ Formål

Blokkering av trening har mottatt økende interesse innenfor ulike utholdenhetsidretter. Imidlertid er det fortsatt usikkert om dette er en mer effektiv måte å organisere treningen på sammenlignet med den mer tradisjonelle tilnærmingen. Hovedformålet med denne studien er å sammenligne en kort periode med vanlig organisert trening vs. en kort periode med blokktrening på prestasjonsbestemmende faktorer. Vi vil gjennomføre et 14 dagers treningsprosjekt med 12 langrennsløpere i eksperimentgruppen og 12 stk i kontrollgruppen. Begge gruppene testes to ganger før treningsperioden på laktaprofil, maksimalt oksygenopptak, hemoglobinmasse i blodet og muskelstyrke i beina og én etter treningsperioden (se figur 1). All trening skal loggføres i utlevert treningsdagbok. Alle testene for den enkelte blir gjennomført på samme sted, under tilnærmet like forhold for alle forsøkspersonene og innenfor samme tidsrom på døgnet (± 1 timer) for hver person. All testing vil skje ved Høgskolen i Innlandet sitt idrettsfysiologiske testlaboratorium på Lillehammer. Dette er et forskningsprosjekt og grupperesultatene er planlagt å bli benyttet til [en internasjonal forskningsartikkel](#) samt bli presentert i undervisningssituasjon.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Høgskolen i Innlandet er ansvarlig for prosjektet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Vi ønsker 24 godt trente mannlige langrennsløpere (VO_{2max} over 65 ml/kg/min, minimum 10 timer utholdenhetstrening per uke siste 6 mnd før prosjektstart, alder 18-35 år). Forespørselen sendes til aktuelle trenere og utøvere i Lillehammer regionen.

Hva innebærer det for deg å delta?

Hvis du velger å delta i prosjektet, innebærer det at du gjennomfører et 14 dagers treningsprosjekt. Du deltar i enten en kontrollgruppe eller en blokkgruppe. Begge gruppene testes to ganger på laktaprofil, maksimalt oksygenopptak, hemoglobinmasse i blodet og muskelstyrke i beina før selve treningsperioden starter og alle testene repeteres én gang etter treningsperioden (se figur 1). Dette er fysiologiske tester som vil medføre at du må yte hard fysisk anstrengelse over en kortere periode. Dette er forbundet med noe ubehag og kan sammenlignes med en hard treningsøkt.

I første treningsuke, skal blokkgruppen skal gjennomføre 5 intervalløkter bestående av 6x5 min i testlabben på Lillehammer. Kontrollgruppen vil i første treningsuke følge sitt vanlige treningsopplegg, men rapportere inn treningsdata. I den siste uken skal Blokkgruppen gjøre følgende: Dag 1: ingen trening, dag 2: ingen trening eller rolig trening i 30-50 min, dag 3: «sweetspott» (oppvarming + 4x5 min), dag 4: rolig trening i 30-60 min, dag 5: rolig trening i 30 min før 3 x 1 min stigningsdrag til maks, dag: 6 test. Kontrollgruppen starter den andre uka med å følge sitt vanlige treningsopplegg, mens de på de to siste dagene inn mot test følger det samme opplegget som blokkgruppen.

- Høgskolen i Innlandet ved Joar Hansen (joar.hansen@inn.no, Tel:41 00 73 96) eller Bent Rønnestad (bent.ronnestad@inn.no, Tel: 61 28 81 93)
- Vårt personvernombud: Stian Torjussen (stian.torjussen@inn.no)
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på epost (personvernombudet@nsd.no) eller telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

Bent Rønnestad
Prosjektansvarlig
(Forsker/veileder)

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om [prosjektet "Formtopping - Effekten av blokk-hvile tilnærmingen hos langrennsløpere"](#), og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i dette prosjektet med fysiologisk testing før og etter en treningsperiode.

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, ca. 09.06.2023.

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Vedlegg 2: treningsplan



Dag	Innhold
	PRE TEST
1	Intervall økt nr. 1
2	Intervall økt nr. 2
3	Intervall økt nr. 3
4	Hvile
5	Intervall økt nr. 4
6	Intervall økt nr. 5
7 <u>ons</u>	Hvile
8 tor	Enten ingen trening eller 30-50 min rolig løping/rulleski
9 <u>fre</u>	" <u>sweetspot</u> " (oppvarming +4x5 min). 4* runden ut til veien på birken. <u>Hardkomb</u> papp. <u>Imit+</u> basis mage/rygg på 2.økt
10 lør	Rolig løp/sykkel 30-60 min
11 <u>søn</u>	Rolig skate i 30 min før 3 x1min stigningsdrag til maks
12 man	20 august - POST TEST

Vedlegg 3: Treningskjema med utført trening 4 uker i forkant

Navn: _____.

1. Hvor mange timer har du trent per uke siden siste 4 ukene:

I1: Løping: _____ Ski: _____ Staking: _____ sykkel: _____

I2: Løping: _____ Ski: _____ Staking: _____ sykkel: _____

I3: Løping: _____ Ski: _____ Staking: _____ sykkel: _____

I4: Løping: _____ Ski: _____ Staking: _____ sykkel: _____

I5: Løping: _____ Ski: _____ Staking: _____ sykkel: _____

styrketrening: _____

Vedlegg 4: treningsdagbok

Dato	Dag	Startklokkeslett	Aktivitet	Intensitetszone [tt:mm]					Styrke	
				I1	I2	I3	I4	I5	Type	Tid
24.05.2019	fredag									
25.05.2019	lørdag									
26.05.2019	søndag									
27.05.2019	mandag									
28.05.2019	tirsdag									
29.05.2019	onsdag									
30.05.2019	torsdag									
31.05.2019	fredag									
01.06.2019	lørdag									
02.06.2019	søndag									
03.06.2019	mandag									
04.06.2019	tirsdag									
05.06.2019	onsdag									
06.06.2019	torsdag									
07.06.2019	fredag									
08.06.2019	lørdag									
09.06.2019	søndag									
10.06.2019	mandag									
11.06.2019	tirsdag									
12.06.2019	onsdag									