

Fakultet for helse- og sosialvitenskap

Kristoffer Schulz Solum

Masteroppgave

Blokkperiodisering med moderat intensitet gir bedre utnyttelsesgrad ved blodlaktatterskel sammenlignet med høy intensitet for godt trente syklister

Block periodization with moderate intensity provides better utilization rate at blood lactate threshold than high intensity in well-trained cyclists

Master i treningsfysiologi

2023

Forord

Jeg vil først og fremst takke Høgskolen i Innlandet avd. Lillehammer for å ha gitt meg muligheten til å gjennomføre og delta på dette prosjektet. Jeg vil spesielt sende en takk til veilederen min, Bent R. Rønnestad, for å navigere meg gjennom jungelen av forskningsartikler, all hjelp og støtte underveis i arbeidet.

Men vet du hva som gjør denne oppgaven enda mer spennende? Det er de fantastiske masterstudentene Margit Dahl Sørensen og Vetle Sælen, og de talentfulle bachelorstudentene Hennie Rosalie Engebretsen, Marius Bjerkeset, Leif Christian Tallaksen, og Olve Ure!! Disse supre menneskene har bidratt med sin egen unike sjarm og ekspertise, og jeg kan ikke forestille meg å ha gjort prosjektet uten dem. Som om ikke det var nok, vil jeg gi en spesiell takk til den alltid energiske PHD-studenten Ingvill Odden, som har organisert og holdt oss på rett spor hele veien.

Men det beste med dette prosjektet har vært å jobbe med hele klassen min i rom 202 i Montenegro-bygget. Dere har vært min største motivasjon og de beste terapeutene når alt har føltes håpløst. Takk for all latter og støtte - dere er gull verdt!!

Og ikke minst vil jeg takke NTG Kongsvinger, Lillehammer, Bærum og Håkonshall Sportssenter for et herlig samarbeid.

Til slutt vil jeg gi en stor takk til alle våre deltakere for deres utmerkede innsats under prosjektet. Uten dere ville det ikke vært noe prosjekt!

Sammendrag

Introduksjon: Blokkperiodisering med høyintensitetstrening (HIT) forbedrer utholdenhetsprestasjon, inkludert maksimalt oksygenopptak ($\dot{V}O_{2maks}$), maksimal aerob arbeidsbelastning (W_{maks}), effekt ved blodlaktatkonsentrasjon ($[La^-]$) $2\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ og test til utmattelse sammenlignet med tradisjonell trening. Formålet med denne studien var å sammenligne moderat intensitetstrening (MIT) og HIT, begge gjennomført som en blokkperiode (BP), for å undersøke hvilken av protokollene forbedret variabler viktig for utholdenhetsprestasjon.

Metode: Godt trente mannlige ($n = 21$) og kvinnelige ($n = 1$) syklister ($\dot{V}O_{2maks} = 69.5 \pm 5.9 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) gjennomførte to forskjellige mikrosyklus (~1 uke) BP- protokoller, MIT og HIT. Intervallene og belastningen på protokollene var som følgende; MIT, 7x10min, 6x12min, 5x14min, hviledag, 7x10min, 5x14 og 6x12 med en opplevd anstrengelse på 14-15 (RPE; Borg skala 6-20) og HIT, 5 økter med 5x8:45min:sek gjennomført med varierende intensitet (30s/15s) med RPE 16-18.

Resultat: MIT hadde forskjell i utnyttingsgrad ved blodlaktatterskel sammenlignet med HIT (hhv. $1.17 \pm 3.42\%$ - poeng og $-0.86 \pm 2.42\%$ - poeng, $p = 0.024$) og tendens til forskjell i effekt ved blodlaktatterskel (hhv. $13 \pm 11.2\text{w}$ og $7 \pm 8.1\text{w}$, $p = 0.056$). MIT hadde også tendens til forbedring i utnyttingsgrad ved 15 min prestasjonstest sammenlignet med HIT (hhv. $0.28 \pm 3.51\%$ og $-1.57 \pm 3.64\%$, $p = 0.098$). Det var ingen forskjell i endring mellom MIT og HIT i $\dot{V}O_{2maks}$, W_{maks} , effekt ved 15 min prestasjonstest og arbeidsøkonomi.

Konklusjon: Godt trente syklister forbedret i utnyttingsgrad ved blodlaktatterskel, tendens til forbedring i effekt ved blodlaktatterskel og tendens til forbedring i utnyttingsgrad ved 15 min prestasjonstest ved MIT-blokk sammenlignet med HIT-blokk. Det var ingen forskjell i endring mellom gruppene i $\dot{V}O_{2maks}$, W_{maks} og effekt ved 15 min prestasjonstest.

Abstract

Introduction: High-intensity interval training (HIT) in block periodization has been shown to improve endurance performance, including maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_{2\max}$), maximal aerobic power (W_{\max}), power output at blood lactate concentration of $2\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ($[\text{La}^-]$), and time to exhaustion compared to traditional training. The purpose of this study was to compare the effectiveness of moderate-intensity interval training (MIT) and HIT, both implemented in a block periodization (BP), to determine which protocol would result in greater improvements in key endurance performance variables.

Methods: 22 well-trained male ($n = 21$) and female ($n = 1$) cyclists ($\dot{V}O_{2\max} = 69.5 \pm 5.9$ $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) completed two different microsyclus (~1 week) BP protocols, MIT and HIT. The intervals and workload for the protocols were as follows; MIT, 7x10min, 6x12min, 5x14min, restday, 7x10min, 5x14min and 6x12 with a perceived exhaustion (RPE; Borg 14-15) and HIT, 5 sessions of 5x8:45min:sec performed as (30s/15s) (16-18 RPE).

Results: MIT showed a greater improvement in utilization rate at lactate threshold (1.17 ± 3.42 %-points and -0.86 ± 2.42 %-points, $p = 0.024$) and a tendency to greater improvement in power output at blood lactate threshold compared to HIT (13 ± 11.2 W and 7 ± 8.1 W, $p = 0.056$). MIT also had a tendency for a greater improvement in utilization rate during a 15-minute performance test (0.28 ± 3.51 %-points and -1.57 ± 3.64 %-points, $p = 0.098$). There was no difference between MIT and HIT in $\dot{V}O_{2\max}$, W_{\max} , 15-minute performance test, and exercise efficiency (GE).

Conclusion: Well-trained cyclists showed improvement in utilization rate at blood lactate threshold, a tendency to improvement in blood lactate threshold power output, and a tendency towards improvement in utilization rate during a 15-minute performance test after a MIT-block compared to a HIT-block. There were no differences in $\dot{V}O_{2\max}$, W_{\max} , and 15-minute performance test.

Innhold

1.0	Teoridel	6
1.1	Teori	6
1.2	Maksimalt oksygenopptak	6
1.3	Utnyttingsgrad	7
1.4	Arbeidsøkonomi	8
1.5	Høyintensitetstrening og moderat intensitetstrening	9
1.6	Blokkperiodisering	11
2.0	Introduksjon	13
2.1	Problemstilling	15
2.2	Hypotese	15
3.0	Metodedel	16
3.1	Deltakere	16
3.2	Testprosedyre	17
3.4	Testdag	18
3.3.1	Langtidstest:	18
3.3.2	Laktatprofil	19
3.3.3	19
3.3.4	30 min på 2mmol	19
3.3.5	Repeterte laktatprofildrag	20
3.3.6	15 min prestasjonstest	20
3.4	Blokkperiodene	20
3.5	Selvrapportert treningsdagbok	23
3.6	Statistikk	24
4.0	Resultater	26
4.1	Baseline forskjeller	26
4.2	Utholdenhetsprestasjonsvariabler	26
4.3	Korrelasjoner	31
5.0	Diskusjon	32
5.1	Hovedfunn	32
5.2	Utholdenhetsvariabler	32
5.3	Utnyttingsgrad	33
5.4	Maksimalt oksygenopptak	34
5.5	Arbeidsøkonomi	35
5.6	Blokkperiodiserings økter	35
5.7	Individuelle forskjeller	37
5.8	Praktisk betydning	38
5.9	Konklusjon	38
6.0	Referanser	39
7.0	Vedlegg	52
7.1	Skriftelig samtykke	52
7.2	Treningsdagbok	60

1.0 Teoridel

1.1 Teori

Sykkelprestasjon er i likhet med annen utholdenhetsprestasjon hovedsakelig bestemt av det maksimale oksygenopptaket ($\dot{V}O_{2\text{maks}}$), evnen til å utnytte høy andel av $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ (utnyttingsgrad) og oksygenforbruket ved en gitt absolutt submaksimal arbeidsintensitet (arbeidsøkonomi) (Bassett & Howley, 2000; Faria et al., 2005; Pate & Kriska, 1984; Saunders et al., 2004). Optimal utvikling av de respektive prestasjonsfaktorene krever arbeid på intensitet som stresser de sentrale- og perifere fysiologiske systemene i tilstrekkelig grad (Buchheit & Laursen, 2013; Laursen & Jenkins, 2002). En forbedring i en av disse variablene uten nedgang i noen av de andre, kan føre til bedre utholdenhetsprestasjon (Losnegard et al., 2013). Teoridelen i denne oppgaven vil ta for seg disse fysiologiske faktorene, og se på hvordan periodisering av trening i moderat og høy intensitet kan påvirke utholdenhetsprestasjonen.

1.2 Maksimalt oksygenopptak

$\dot{V}O_{2\text{maks}}$ defineres som den høyeste raten oksygen kan bli tatt opp og brukt av kroppen under hardt arbeid (Bassett & Howley, 2000). Dermed setter $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ en øvre grense for kroppens aerobe energiproduksjon, og derav også utholdenhetsprestasjon (Bassett & Howley, 2000). Det er flere faktorer som påvirker $\dot{V}O_{2\text{maks}}$, hvor hjertets minuttvolum er en av de viktigste, og det er oksygen (O_2)- leveransen til de arbeidende musklene som er avgjørende for $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ (Bassett & Howley, 2000).

For de fleste mannlige utholdenhetsutøvere er det antatt at den øvre grensen for $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ er et sted mellom $83\text{-}85 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Lundby & Robach, 2015), likevel er den høyeste verdien publisert $96.7 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Rønnestad et al., 2019). For kvinner på elitenivå rapporteres det verdier rundt $68\text{-}70 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Sandbakk et al., 2016), mens de høyeste verdiene publisert er rundt $75\text{-}76 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Jones, 2006; Sandbakk et al., 2016).

Teoretisk, kan begrensningen til $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ være alle faktorer som påvirker det kardiovaskulære systemets egenskap til å levere O_2 til arbeidende muskulatur. Dette innebærer, de sentrale faktorene; (lungenes diffusjonskapasitet, hjertets minuttvolum og blodets O_2 - transport

kapasitet), og de perifere faktorene; (skjelettmuskel egenskapene og musklenes mitokondrieegenskap til å forbruke O₂) (Bassett & Howley, 2000; Lundby et al., 2017; Lundby & Robach, 2015).

1.3 Utnyttingsgrad

$\dot{V}O_{2maks}$ setter en øvre grense for utholdenhetsprestasjon (Bassett & Howley, 2000), men belastningen tilsvarende $\dot{V}O_{2maks}$ kan kun opprettholdes i 5-7 minutter (Mortensen et al., 2005). Dermed blir god utholdenhetsprestasjon avgjort av hvor stor andel av $\dot{V}O_{2maks}$ man klarer å utnytte (Tønnessen & Rønnestad, 2018). Utnyttingsgraden sier noe om hvor høy andel av $\dot{V}O_{2maks}$ man klarer å utnytte seg av over en gitt periode (Coyle, 1995), og estimeres ofte med en laktatprofil, hvor oksygenopptaket ved blodlaktatterskelen er uttrykt som prosent av $\dot{V}O_{2maks}$ (Bassett & Howley, 2000). Blodlaktatterskel, blir definert som den høyeste intensiteten hvor blodlaktatkonsentrasjonen ($[La^-]$) holder seg stabil og homeostasen i muskelcellene ikke blir forstyrret (Bassett & Howley, 2000; Joyner & Coyle, 2008). For syklister blir effekt ved blodlaktatterskelen ofte definert som $[La^-]$ ved 4 mmol·L⁻¹. For å forbedre effekten ved blodlaktatterskelen har både lavintensitets utholdenhetstrening (LIT) og høyintensitets utholdenhetstrening (HIT) vist å ha positiv effekt (Helgerud et al., 2007; Ingham et al., 2008).

Det ser ikke ut til å være noen kjønnsforskjeller på utnyttingsgraden av $\dot{V}O_{2maks}$ (Joyner, 2017), mosjonister har verdier rundt 70-75% av $\dot{V}O_{2maks}$ (Helgerud et al., 2007; Sjödín & Svedenhag, 1985) mens eliteutøvere ligger på verdier rundt 80-85% av $\dot{V}O_{2maks}$ ved 4 mmol·L⁻¹ (Helgerud et al., 2007; Lucía et al., 2002).

I motsetning til $\dot{V}O_{2maks}$, skyldes sannsynligvis en forbedring i utnyttingsgrad, perifere faktorer. Kapillærertetthet, mitokondrier og laktattransportører, og spesielt mengden av aerobe enzymer og mitokondrier som deler på arbeidet, har blitt trukket frem som viktige faktorer (Coyle, 1995; Holloszy & Coyle, 1984; Ivy et al., 1980; Joyner & Coyle, 2008). Dette kan forklares med at når energiomsetningen øker, så representerer O₂-opptaket ved blodlaktatterskelen energiomsetningsraten hvor homeostasen blir såpass forstyrret at glykogenforbruket og laktatproduksjonen øker (Coyle, 1999). Teoretisk kan derfor utnyttingsgrad forbedres ved å øke innholdet og aktiviteten av aerobe enzymer i de aktive musklene, eller øke mengden aktiverte muskelfibere på en gitt effekt (Vikmoen et al., 2016). Økningen i mengden aerobe enzymer og mitokondrier, vil også føre til at man kan arbeide på et absolutt høyere oksygenopptak før homeostasen blir så forstyrret at man når

blodlaktatterskel (Coyle, 1999). Til tross for dette finner man ofte ikke endringer i utnyttingsgrad etter korte treningsintervensjoner (10-12 uker), selv etter store perifere tilpasninger (Coyle, 1999). Årsaken kan være at den oksidative kapasiteten ikke bare bestemmes av mengden aerobe enzymer og mitokondrier per muskelenhet, men også hvor mye av muskelmassen som blir involvert i arbeidet (Coyle, 1999). Trening i moderat- til høy intensitet har blitt presentert som viktig for å kunne utvikle utnyttingsgraden (Tønnessen & Rønnestad, 2018). Det har blitt observert at utnyttingsgraden har økt fra 73 til 78 % hos unge finske langrennsløpere over en 4 års periode (Rusko, 1987). Coyle (1995) estimerte at syklister med høy effekt ved blodlaktatterskel kunne utnytte seg av ~ 22 % mer muskelmasse grunnet bedre tråkkteknikk og flere år med sykkelerfaring. Dette tyder på at systematisk trening over flere år er nødvendig for å bedre utnyttingsgraden.

1.4 Arbeidsøkonomi

Energikostnaden som kreves ved kontinuerlig arbeid er kjent som arbeidsøkonomi, og er definert som den metabolske kostnaden som kreves for å arbeide over en gitt distanse på konstant hastighet (Millet et al., 2002). Arbeidsøkonomi er dermed ansett som en avgjørende faktor for utholdenhetsprestasjon (Joyner & Coyle, 2008), spesielt når $\dot{V}O_{2maks}$ er relativt lik mellom individer (Horowitz et al., 1994). Innenfor sykling blir arbeidsøkonomi ofte målt som gross efficiency (GE), og forteller hvor mange prosent av kroppens totale energiomsetning som går med til å skape ytre effekt (Tønnessen & Rønnestad, 2018). GE er typisk 16-18 % hos utrente personer (Hopker et al., 2007, 2013), og 19-23 % hos godt trente eller elite-syklister (Hopker et al., 2007; Horowitz et al., 1994). Det observeres liten forskjell i arbeidsøkonomi mellom kjønn (Joyner, 2017). For å oppnå en forbedring i arbeidsøkonomi hos godt trente utholdenhetsutøvere, virker det å være nødvendig å ha et høyt volum av LIT over en lengere periode (Lucía et al., 2002; Scrimgeour et al., 1986). I tillegg har styrketrening vist seg å være fordelaktig for godt trente syklister (Vikmoen et al., 2016). I studier har det blitt vist en korrelasjon mellom høy andel type- 1 fibre og god arbeidsøkonomi (Hansen & Sjøgaard, 2007; Horowitz et al., 1994; Saunders et al., 2004). I studien til Horowitz et al. (1994), ble det sammenlignet prestasjon hos syklister med tilnærmet lik $\dot{V}O_{2maks}$ og utnyttingsgrad. Det ble observert at syklister med større andel type I- fibre (>56 %) i musculus vastus lateralis, gjennomførte en 60 min prestasjonstest med 9% høyre effekt. Dette kan tyde på at type 1 fibre er mer energiøkonomiske enn type 2- fibre ved lengre sykkelkonkurranser (Horowitz et al., 1994).

1.5 Høyintensitetstrening og moderat intensitetstrening

HIT eller sone 3 trening foregår $\geq 4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} [\text{La}^-]$ og $\geq 90 \%$ av maksimal hjertefrekvens (HF_{maks}) (Stöggl & Sperlich, 2015), og fører til forbedringer i faktorer viktig for utholdenhetsprestasjon, inkludert $\dot{V}\text{O}_{2\text{maks}}$, prestasjonstest, arbeidsøkonomi og tid til utmattelse, hos utholdenhetsutøvere (Laursen et al., 2002a; Laursen, et al., 2002b; Laursen & Jenkins, 2002; Lindsay et al., 1996; Seiler & Kjerland, 2006). I tillegg har det blitt vist at store mengder med HIT kan føre til utilstrekkelig restitusjon, som videre kan forsake uønskede effekter, deriblant; dårligere løpsprestasjon, forstyrret søvn, økt opplevd trøtthet og en økning i forekomst av luftveisinfeksjoner (Hauswirth et al., 2014; Le Meur et al., 2013). For å få en bedre balanse mellom de positive og negative effektene av HIT, vil det være viktig å tenke over fordelingen og hyppigheten, og dermed designe et mer passende program for utholdenhets trening. En rekke studier har påpekt hvordan utholdenhetsutøvere ofte fordeler treningen i forskjellige intensitetssoner i deres treningsprogram. Typisk følges et program hvor 75-85 % av det totale treningsvolumet blir utført i lavintensitetssone < 13 opplevd anstrengelse (RPE; RPE 6-20), 5-10 % i moderat intensitetssone 14-16 RPE, og 15-20 % i høyintensitetssone > 16 RPE (Borg, 1970; Esteve-Lanao et al., 2005; Foster et al., 2022; Muñoz et al., 2014; Seiler & Kjerland, 2006; Sylta et al., 2014). Denne strukturen av trening har blitt beskrevet som en polarisert treningsmodell (Seiler & Kjerland, 2006). Den polariserte treningsmodellen karakteriseres ved at store deler av treningen foregår i LIT og HIT, med liten til ingen trening i moderat intensitet (MIT) (Orie et al., 2014; Seiler & Kjerland, 2006). En annen mye brukt treningsmodell er pyramide organisering, denne modellen foregår ved 70 % i LIT, 20 % i MIT og 10 % HIT (Foster et al., 2022).

MIT modellen, er forskjellig fra pyramide- og polarisert modell fordi en stor andel av treningen (35-55 %) foregår i moderat intensitetssone, mindre andel av treningen (45-55 %) i en lavintensitetssone og liten til ingen tid (0-10 %) i høy intensitetssone (Seiler & Kjerland, 2006). MIT foregår på en intensitet som tilsvarer 80-90 % av $\dot{V}\text{O}_{2\text{maks}}$, 82–87 % av HF_{maks} , 2.5–4 $\text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} [\text{La}^-]$ (Seiler, 2010) og er en intensitet som mange syklister benytter i treningsarbeidet sitt (Lucía et al., 2000). MIT har vist forbedring i effekt ved blodlaktatterskel og mengden aerobe enzymer sammenlignet med LIT (Enoksen et al., 2011; Evertsen et al., 1999). I tillegg har skiløpere på elitenivå vist forbedring i effekt ved blodlaktatterskel og 20 min prestasjonstest, når de trente på en intensitet tilsvarende 3-4 $\text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} [\text{La}^-]$, sammenlignet med LIT (Evertsen et al., 2001).

I sommeren 2022 startet en diskusjon mellom Foster et al., (2022) og Burnley et al., (2022) om polarisert trening. I denne diskusjonen hevdet Foster et al., (2022) at en polarisert treningsmodell var optimal for utholdenhetsutøvere. Dette på bakgrunn av studier og oversiktsartikler som sammenligner MIT og HIT sin egenskap til å påvirke utholdenhetsprestasjon. Her observeres det at en polarisert treningsmodell med mye HIT gir bedre treningsadaptasjoner (Hydren & Cohen, 2015; Muñoz et al., 2014; Neal et al., 2013; Rosenblat et al., 2019; Seiler, 2010; Stöggl & Sperlich, 2015; Stöggl & Sperlich, 2014). Burnley et al., (2022) hevder at en polarisert treningsmodell kan føre til økt risiko for skader og overtrening, at eliteutøvere sjeldent bruker den polariserte treningsmodellen, men heller pyramide modellen. Likevel mener Burnley et al., (2022) at man bør ha innslag av HIT, men at MIT er en sentral del av treningen, og derfor vil en pyramide tilnærming være like god, og muligens bedre enn polarisert.

Både HIT og MIT økter gjennomføres ofte som intervaller (Tønnessen & Rønnestad, 2018). Studier foreslår at for HIT, viser arbeid ved intensitet $\geq 90\%$ av $\dot{V}O_{2maks}$, gunstige tilpasninger for utholdenhet, inkludert $\dot{V}O_{2maks}$ (Laursen & Jenkins, 2002; Thevenet et al., 2007). For å oppnå mest mulig tid $\geq 90\%$ av $\dot{V}O_{2maks}$ ved HIT- intervaller ser varierende intensitet med 30 sek høy intensitet og 15 sek lavere intensitet (30/15 sek) ut til å være den beste metoden (Bossi et al., 2020; Rønnestad et al., 2015).

Trening ved høy intensitet vil ha mange fordeler, mye kan tyde på at en økning i mekanisk belastning på hjertemuskelen, økt $[Ca^{2+}]$ og økt konsentrasjon av vekst hormonet IGF-1, samt aktivering av den sentrale ko-transkriptoren PGC-1 α , er sentrale faktorer for remodulering av hjertet ved utholdenhetstrening (DeBosch et al., 2006; Ellison et al., 2012; Lehman et al., 2000). PGC-1 α er ikke bare viktig for remoduleringen av hjertet, det ser også ut til å være en sentral regulator for den vaskulære endotelial vekst faktoren (VEGF), som videre virker å være sentral for å regulere nydannelse av kapillærer i skjelettmuskulaturen (Arany et al., 2008; Chinsomboon et al., 2009; van der Schaft et al., 2011). For økning i mitokondriehold har økt $[Ca^{2+}]$ (som signaliserer økt kontraktile aktivitet), økt konsentrasjon av adenosindifosfat ([ADP]) og adenosinmonofosfat ([AMP]), samt redusert glukosekonsentrasjon vist seg å være viktig stimuli, disse signalene iverksettes som en konsekvens av økt energiomsetning i muskelfiberen, og fører til økt uttrykk av hovedregulatoren PGC-1 α , for nydannelse av mitokondrier (Egan & Zierath, 2013; Rose et al., 2006; Wu et al., 2002). Som beskrevet over blir hjertet, kapillærene og mitokondriene påvirket av mange av de samme stimuliene, og PGC-1 α virker å være svært viktig for økning

av utholdenhetsprestasjon, og felles for disse stimuliene er at de øker ved økt arbeidsintensitet (Tønnessen & Rønnestad, 2018). Edgett et al. (2013) undersøkte PGC-1 α -aktiviteten hos godt trente syklister som utførte trening med moderat, høy og svært høy intensitet, som tilsvarer henholdsvis 73 %, 100 % og 133 % av maksimal aerob arbeidsbelastning (W_{maks}). Resultatene viste at trening ved 100% av W_{maks} førte til den største økningen i PGC-1 α -aktiviteten (Edgett et al., 2013). Cellulært stress har blitt observert til å forekomme proporsjonelt i forhold til treningsintensitet (Egan & Zierath, 2013), og det kan se ut som HIT gir et større metabolsk signal enn MIT (MacInnis & Gibala, 2017). Til tross for dette er det ikke vist noen særlig forskjell i signalisering for kapillærisering mellom arbeid på 90% og 150% av arbeidsbelastningen ved $\dot{V}O_{2maks}$ (Jensen et al., 2004), og det er fremdeles gjennomført lite forskning på effekten av MIT mot HIT (Tønnessen & Rønnestad, 2018).

Formålet med intervaller er å øke varigheten av den akutte belastningen til over tiden man kunne arbeidet kontinuerlig før utmattelse (Daniels & Scardina, 1984). Om man gjennomfører en MIT- intervall på intensiteten man kan arbeide i 60 minutter, og deler inn i 6x10 minutters drag, vil man få et lavere treningsstimuli enn om man arbeidet på samme intensiteten i 60 minutter sammenhengende (Tønnessen & Rønnestad, 2018). Hvis man ønsker å maksimere stimulusen, bør den totale varigheten av intervalldragene overstige den maksimale tiden man klarer å arbeide sammenhengende på samme intensitet (Tønnessen & Rønnestad, 2018). En interessant problemstilling er om lengre MIT-intervaller kan kompensere for lavere intensitet sammenlignet med kortere HIT-intervaller. En studie av Seiler et al. (2013) sammenlignet effekten av ulike intervallvarigheter (4x4 min HIT, 4x8 min HIT og 4x16 min MIT) på moderat trente syklister og fant at 4x8 min HIT resulterte i mest tid $\geq 90\%$ av HF_{maks} og størst treningseffekt i $\dot{V}O_{2maks}$. Imidlertid viser studier på kvinnelige langrennsløpere på elitenivå at de gjennomfører mindre HIT enn utøvere på nasjonalt nivå, men har en betydelig større treningsmengde MIT (Sandbakk et al., 2016). Flere syklister benytter seg av MIT (Lucía et al., 2000) og en tidlige verdensrekordholder på maraton er rapportert å ha gjennomført en ukentlig MIT-økt (Jones, 2006).

1.6 Blokkperiodisering

For forbedring av sykkelprestasjon har blokkperiodisering (BP) vist seg å være effektivt, da det er observert forbedring i $\dot{V}O_{2maks}$, W_{maks} , effekt ved 2 mmol \cdot L $^{-1}$ [la $^{-1}$], effekt ved blodlaktatterskel og 20 km temporitt sammenlignet med tradisjonell trening (Breil et al.,

2010; Clark et al., 2014; Costa et al., 2017; Rønnestad et al., 2014a; Rønnestad et al., 2016, 2022; Rønnestad et al., 2014b). BP med høy mengde HIT etter 2-5 uker gir forbedring i $\dot{V}O_{2\text{maks}}$, W_{maks} og effekt ved blodlaktatterskel (Issurin, 2019).

BP inneholder perioder av spesialiserte treningssykluser, eller blokker, med en høy mengde spesifikk trening rettet mot få viktige egenskaper, og er forskjellig fra den tradisjonelle modellen, hvor mange atletiske ferdigheter utvikles samtidig (Issurin, 2010).

Issurin (2010) selv definerer BP som en 2-4 ukers mesosyklus med høy mengde trening på viktige egenskaper, utført i en spesifikk rekkefølge («akkumulering», med fokus på grunnleggende egenskaper; «transmutasjon», med fokus på egenskaper viktig for hver enkelt idrett; «realisering», med fokus på restitusjon og formtopping mot konkurranser). Hver av disse BP-periodene er tenkt til å bygge videre på de fysiologiske adaptasjonene til den tidligere BP perioden. På en annen side, har andre definert kortere BP perioder (~1 uke, mikrosyklus), og har en generell litt annerledes tilnærming til konseptet (McGawley et al., 2017; Rønnestad et al., 2022; Rønnestad, Hansen, et al., 2014). Hovedforskjellen mellom Issurin (2010) sin modell og den alternative BP modellen er at Issurin fokuserer på samtidig utvikling av et få antall utvalgte egenskaper i hver mesosyklus, mens den alternative metoden har et mer ensrettet fokus på en spesifikk treningsmetode eller intensitet i hver mikrosyklus. I studier hvor det er vist forbedring ved BP er treningen ofte gjennomført som HIT (Breil et al., 2010; Clark et al., 2014; Costa et al., 2017, 2017; Issurin, 2019; Rønnestad et al., 2022; Rønnestad et al., 2014b; Rønnestad & Hansen, 2016). Likevel argumenteres det for at MIT kan være like bra som HIT (Burnley et al., 2022). MIT brukes av utøvere på elitenivå (Jones, 2006; Lucía et al., 2000; Sandbakk et al., 2016), og BP i MIT har blitt gjennomført av en gullvinner og verdensrekordholder i treningsarbeidet mot OL (van der Poel, 2022). Til tross for dette har aldri effekten av en mikrosyklus med BP i MIT og HIT etter min kunnskap blitt sammenlignet i en studie.

2.0 Introduksjon

De viktigste fysiologiske faktorene for prestasjon i utholdenhetsidretter er; det maksimale oksygenopptaket ($\dot{V}O_{2maks}$), utnyttingsgrad og arbeidsøkonomi (Bassett & Howley, 2000; Pate & Kriska, 1984). En forbedring i en av disse variablene uten nedgang i noen av de andre, kan føre til bedre utholdenhetsprestasjon (Losnegard et al., 2013).

For forbedring i $\dot{V}O_{2maks}$ har det blitt argumentert at trening nær $\dot{V}O_{2maks}$ stresser oksygen (O_2) leveransen maksimalt, og dermed gir det mest effektive stimuliet for forbedring av $\dot{V}O_{2maks}$ (Buchheit & Laursen, 2013; Midgley et al., 2007; Midgley et al., 2006).

Høyintensitetstrening (HIT) er ansett som den mest effektive for å forbedre utholdenhetsprestasjonen til godt trente utøvere (Buchheit & Laursen, 2013; Laursen & Jenkins, 2002). For å oppnå en forbedring i arbeidsøkonomi hos godt trente utholdenhetsutøvere, virker lav intensitetstrening (LIT) over en lengere periode å være nødvendig (Lucía et al., 2002; Scrimgeour et al., 1986).

Utnyttingsgraden sier noe om hvor høy andel av $\dot{V}O_{2maks}$ man klarer å utnytte seg av over en gitt periode (Coyle, 1995), og estimeres ofte ved en laktatprofil, hvor det uttrykkes som en prosent av $\dot{V}O_{2maks}$ ved blodlaktatterskel (Bassett & Howley, 2000). For å forbedre effekt ved blodlaktatterskelen har både LIT og HIT vist å ha positiv effekt (Helgerud et al., 2007; Ingham et al., 2008).

For forbedring av sykkelprestasjon har blokkperiodisering (BP) vist seg å være effektivt, og det er observert forbedring i $\dot{V}O_{2maks}$, maksimal aerob arbeidsbelastning (W_{maks}), effekt ved 2 mmol·L⁻¹ [la⁻], effekt ved blodlaktatterskel og 20 km temporitt (Breil et al., 2010; Clark et al., 2014; Costa et al., 2017; Rønnestad et al., 2014a; Rønnestad et al., 2016, 2022; Rønnestad et al., 2014b). I tillegg viser en oversiktsartikkel av BP forbedringer i $\dot{V}O_{2maks}$, W_{maks} og effekt ved blodlaktatterskel etter en enkelt blokk med høy mengde HIT i en periode på 2-5 uker (Issurin, 2019).

BP-modellen tilbyr en tilnærming for planlegging av treningen til eliteutøvere, og inneholder en høy mengde spesifikt trening rettet mot få viktige egenskaper (Issurin, 2010). I en metaanalyse viste effekten av BP å være fordelaktig for økning av $\dot{V}O_{2maks}$ og W_{maks} for godt trente utøvere sammenlignet med tradisjonell trening (Mølmen et al., 2019). Selv om BP har vist forbedring av sykkelprestasjon er det store individuelle forskjeller innad i BP gruppene, hvor enkelte deltakere har stor forbedring mens andre deltakere har liten til ingen forbedring

(Rønnestad et al., 2014a; Rønnestad et al., 2014b). Dermed vil det være interessant å gjennomføre BP i to forskjellige intensiteter for å se om de individuelle forskjellene forekommer mellom moderat intensitetstrening (MIT) og HIT.

I studiene som har vist forbedring ved BP har treningen blitt gjennomført som HIT (Breil et al., 2010; Clark et al., 2014; Costa et al., 2017; Rønnestad et al., 2014a; Rønnestad et al., 2016, 2022; Rønnestad et al., 2014b). Treningen gjennomført for BP gruppene i disse studiene er lik en polarisert treningsmodell. Denne modellen karakteriseres av en treningsmodell hvor nesten all treningen blir gjennomført som LIT eller HIT, og nesten ingen tid ved MIT (Seiler & Kjerland, 2006). Mye tyder på at grunnen til at HIT treningen gir god effekt er fordi man oppnår mye tid $\geq 90\%$ av $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ (Buchheit & Laursen, 2013; Laursen & Jenkins, 2002; Midgley et al., 2006; Thevenet et al., 2007). Mye tid $\geq 90\%$ av $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ kan oppnås ved intervaller med variert intensitet (Bossi et al., 2020). Den polariserte treningsmodellen blir ofte sammenlignet med MIT. MIT organiseres i et mønster hvor trening foregår med mye tid veldig nær laktatterskelen (Seiler & Kjerland, 2006). Treningen ved MIT foregår på en intensitet som tilsvarer 80-90 % av $\dot{V}O_{2\text{maks}}$, 82–87 % av HF_{maks} , blodlaktatkonsentrasjon ($[La^-]$) 2.5–4 mmol·L⁻¹ (Seiler, 2010), og MIT har vist forbedring i effekt ved blodlaktatterskel og mengden aerobe enzymer sammenlignet med LIT (Enoksen et al., 2011; Evertsen et al., 1999). I tillegg har skiløpere på elitenivå vist forbedring i effekt ved blodlaktatterskel og prestasjon i 20 min test til utmattelse med MIT (Evertsen et al., 2001).

I en rekke studier og meta-analyser har MIT og HIT blitt sammenlignet med tanke på utholdenhetsprestasjon. I disse studiene konkluderte de med at HIT kunne føre til signifikant større forbedring på utholdenhetsprestasjon, sammenlignet med MIT (Hydren & Cohen, 2015; Muñoz, Seiler, et al., 2014; Neal et al., 2013; Rosenblat et al., 2019; Seiler, 2010; Stöggl & Sperlich, 2015; Stöggl & Sperlich, 2014). Likevel påpekes det av Rosenblat et al. (2019) at det er metodiske begrensninger ved flere av de nåværende studiene, som kan påvirke validiteten, men at disse studiene likevel er det høyeste nivået av studier på emnet. Selv om studiene viser at HIT kan føre til bedre adaptasjoner for utholdenhets trening enn MIT, er likevel MIT en intensitet som mange syklister og utholdenhetsutøvere i andre idretter benytter i treningsarbeidet sitt (Jones, 2006; Lucía et al., 2000; Sandbakk et al., 2016). Spesifikt skøyte løperen Nils van der Poel, som i treningsarbeidet mot OL 2022 gjennomførte 5 dagers bolker med MIT intervaller på sykkel med mål om å ligge så nærme blodlaktatterskeln som mulig (van der Poel, 2022). På bakgrunn av det vil det være interessant å sammenligne effekten av blokkperiodisering i HIT og MIT.

2.1 Problemstilling

Hvilken effekt har en mikrosyklus med BP i MIT sammenlignet med HIT på variabler viktig for utholdenhetsprestasjon hos godt trente syklister?

2.2 Hypotese

Det er ingen forskjell i forbedringen av effekt ved blodlaktatterskel mellom MIT og HIT, men HIT ha forbedringer i $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ og W_{maks} sammenlignet med MIT.

3.0 Metodedel

3.1 Deltakere

Totalt var det 46 frivillige deltakere, både kvinner ($n=5$) og menn ($n=41$), som ble rekruttert til denne studien. Inkluderingskriteriene til studien var at de måtte være godt trente syklister (>7 t utholdenhetstrening per uke de siste seks måneder) og $\dot{V}O_{2maks} \geq 60 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ for menn og $\geq 55 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ for kvinner (Tabell 1). Basert på $\dot{V}O_{2maks}$ ble deltakerne kategorisert som prestasjonsnivå 3 ($n=3$), 4 ($n=8$) og 5 ($n=11$) i følge klassefisjonsskalaen for mannlige og kvinnelige syklister (De Pauw et al., 2013; Decroix et al., 2016).

Prestasjonsnivå 3, 4 og 5 er definert som henholdsvis; trent, godt trent og profesjonelle.

Deltakerne var hovedsakelig rekruttert fra 2. og 3. klasse på Norges toppidrettsgymnas avd. Lillehammer, Bærum og Kongsvinger, i tillegg til øvrige deltakere rekruttert fra Høgskolen i Innlandet avd. Lillehammer.

På grunn av sykdom ($n=9$), skader ($n=2$), for lite tid ($n=5$) og personlige grunner ($n=8$), droppet 24 deltakere ut, og resulterte i 22 fullførende deltakere (kvinner, $n=1$; menn, $n=21$), som konkurrerte i terrengsykkel ($n=6$) og landeveissykkel ($n=16$). Ved starten av studien hadde deltakerne nettopp gjennomført en «offseason» periode, og dermed var ute av deres vanlige treningsrutiner. For å ta høyde for dette ble deltakerne instruert til å gjennomføre minimum to økter med trening på sykkelrulle de siste to ukene før prosjektet startet, av disse to øktene måtte en være intervall mens den andre økta var valgfri.

Prosjektet ble godkjent av lokal etisk komite ved Høgskolen i Innlandet, campus Lillehammer, Norge. Før deltakerne kunne delta, skrev de under på samtykkeskjema (Vedlegg 1) for deltakelse av studien, for deltakere under 18 år skrev foresatte under. Prosjektet fulgte retningslinjene til Helsinkideklarasjonen.

Tabell 1: Deskriptiv data, gitt som gjennomsnitt med standardavvik

Antall	22
Alder (år)	19.2 ± 3.6
Høyde (cm)	181 ± 7
Vekt (kg)	70.8 ± 7.9
$\dot{V}O_{2maks}$ ($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$)	69.5 ± 5.9
HF_{maks}	196 ± 8

Forkortelser: $\dot{V}O_{2maks}$ = maksimalt oksygenopptak, HF_{maks} = maksimal hjertefrekvens

3.2 Testprosedyre

I testprosedyren var deltakerne innom testlaboratoriet totalt 5 testdager. Tre testdager i løpet av høsten i MIT perioden og to testdager om vinteren i HIT perioden. På disse testdagene ble det gjennomført henholdsvis laktatprofil-, $\dot{V}O_{2maks}$ test-, 30min på 2 mmol·L⁻¹ laktat, repeterte laktatdrag, og 15 min prestasjonstest (figur 3).

Ved gjennomførelsen av MIT ble deltakerne randomisert plassert i to forskjellige grupper, den ene gruppen startet med BP, mens den andre gruppen startet med normal trening. Etter den første testdagen (T1) var det gjennomsnittlig 2.6 dager med hvile før BP- gruppen startet med en MIT- blokk. Denne blokken bestod av 6 dager med intervalltrening (en økt tre dager på rad, så en dag med hvile, og så tre dager med intervalltrening igjen), etterfulgt av 6 dager med restitusjonsperiode før den andre testdagen (T2). Denne restitusjonsperioden ble standardisert til en dag med hvile, en dag med 30-40min LIT, en dag med 30-90min LIT, en dag med 20min LIT, 2x5min MIT og 1x1min HIT, en ny dag med hvile, og til slutt en forberedelses økt dagen før T2 med 20min LIT, 2x5min MIT og 3x1min HIT. Mellom T1 og T2 hadde den andre gruppen 15.6 dager med vanlig trening. Etter T2 byttet deltakerne gruppe, og det ble gjennomført en tredje testdag (T3) (Figur 1).

To måneder etter MIT perioden ble HIT gjennomført. HIT startet med testdag 4 (T4). Etter T4 var det en pause på 2.2 dager før deltakerne begynte på HIT-blokk, som bestod av 5 dager med intervalltrening (en økt tre dager på rad, så en dag med hvile, og så to dager med intervalltrening igjen). Etter HIT-blokken var det en restitusjonsperiode på 5.8 dager med lik standardisert trening som MIT før den femte og siste testdagen (T5) (Figur 1).

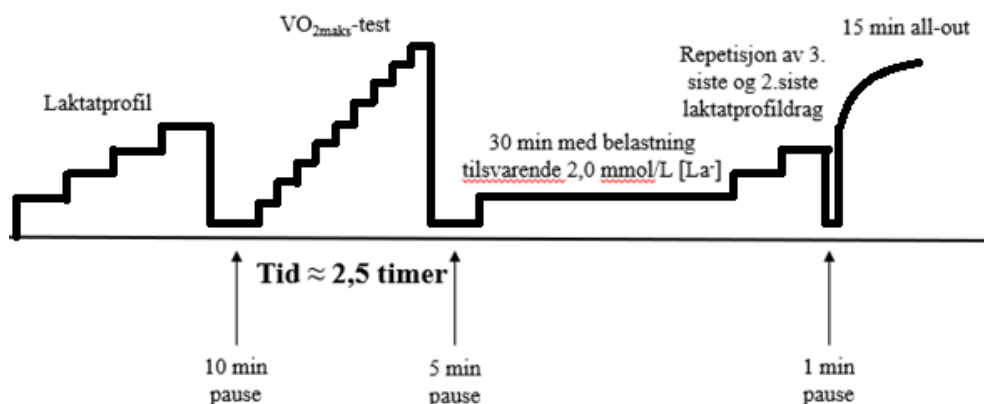
	MIT				HIT			
Testdag	↑			↑	↑			↑
BP Økter		↑↑↑	↑↑↑		↑↑↑	↑↑		
Hvile	↑↑↑	↑	↑	↑	↑↑	↑	↑	↑
Standardisert trening			↑↑↑	↑			↑↑↑	↑
Totalt antall dager	18				16			

Figur 1: Oversikt over hva som ble gjennomført de forskjellige dagene i blokkperiodene. Forkortelser: BP = blokkperiodisering, ↑ = en treningsdag

3.4 Testdag

3.3.1 Langtidstest:

For å sikre god standardisering, ble sykklistene bedt om å unngå trening dagen før testdag ved alle testtidspunktene. Ved T1 i MIT perioden ble deltakernes siste tre måltider, væskeinntak og eventuell koffein inntak før testen notert ned. Det ble sendt en melding til deltakerne om å repetere dette 3 dager før de påfølgende testdagene gjennom resten av studien. For de kvinnelige deltakerne ble langtidstesten planlagt etter deres individuelle menstruasjonssyklus, for å kunne repetere T2, T3, T4 og T5 på de samme tidspunktene i syklusen. Ved langtidstesten kunne deltakerne kun drikke vann under de tre første laktatprofildragene. Under resten av testen kunne de spise og drikke det de selv ønsket. Sittestilling, krankarm og næring ble notert ned under T1, og repetert ved de andre langtidstestene. De individuelle deltakerne hadde samme testleder ved testdagene, og ble gitt sterk verbal oppmuntring til å prestere med maksimal innsats. Alle testene ble gjennomført med en vifte for å sikre sirkulerende luft rundt deltakerne. For å unngå påvirkning av døgnrytmen ble testene gjennomført på samme tidspunkt på dagen (± 2 timer). Testdagene ble gjennomført på det fysiologiske testlaboratoriet til Høgskolen i Innlandet, campus Lillehammer, Norge. Testprotokollen var utviklet av professorene med ansvar for prosjektet i samarbeid med en PHD-student, for å undersøke mulige endringer i fysiologiske, og prestasjons relaterte målinger. Sykkelen brukt ved testdag var en Lode Excalibur Sport ergometer (Lode Excalibur Sport, Lode B.V., Groningen, The Netherlands) her ble sittestilling justert etter deltakernes eget ønske. Krankarmlengde ble justert ut fra standard (landevei = 172.5 mm og terreng = 175 mm), eller etter deltakernes egne preferanser.



Figur 2: Oversikt over langtidstesten på testdagen. Forkortelser: $\dot{V}O_{2maks}$ = maksimalt oksygenopptak, 2,0 mmol/L $[La^-]$ = 2 mmol \cdot L $^{-1}$ blodlaktatkonsentrasjon, 15 min all-out = 15 min prestasjonstest

3.3.2 Laktatprofil

Laktatprofilen for kvinner startet på 80 watt (W) og økte med 40 W hvert 5.5 min til 2 mmol·L⁻¹ [La⁻] var nådd, deretter økte motstanden med 20 W hvert 5.5 min og laktatprofilen ble avsluttet når 4 mmol·L⁻¹ [La⁻] var nådd (Figur 2). For menn startet profilen på enten 125 W eller 175 W (basert på selvestimert terskeeffekt > eller < 325 W) og økte med 50 W hvert 5.5 min til 2 mmol·L⁻¹ [La⁻] var nådd, deretter økte det med 25 W hvert 5.5 min og laktatprofilen ble avsluttet når [La⁻] ≥ 4 mmol·L⁻¹ [La⁻] var nådd (Figur 3). Det ble gjort gjennomsnittlig $\dot{V}O_2$ -målinger hvert 30. sekund, fra 2 - 5 min ved hvert laktatprofildrag. Alle respirasjons- og gassutvekslingsmålinger ble gjort ved bruk av Vyntus CPX, mixing chamber (Vyntus CPX, Jaeger-CareFusion, UK). Ved målinger på Vyntus CPX ble det automatisk kalibrert for gass, volum og luftfuktighet før og under 30 min perioden på 2mmol·L⁻¹ [La⁻] i hver test. Laktatmålinger med stikk fra fingertupp og spørsmål om RPE (RPE 6-20; Borg, 1970) ble gjort mellom 5 min og økning til neste drag. Laktatmålingene ble analysert av Biosen blodlaktatmåler (Biosen C-line, EKF Diagnostics, Barleben, Germany). Effekt ved 4 mmol·L⁻¹ [La⁻] ble kalkulert basert på relasjonen mellom laktatkonsentrasjon og effekt fra de to siste stegene (måling under og over 4 mmol·L⁻¹) ved hjelp av en lineær regresjon.

3.3.3 $\dot{V}O_{2maks}$ -test

10 minutter etter laktatprofiltesten ble en $\dot{V}O_{2maks}$ -test gjennomført. $\dot{V}O_{2maks}$ testen startet på 140 W for kvinner og 200 W eller 250 W for menn. Effektbelastningen menn startet på ble bestemt på bakgrunn av selvestimert terskeeffekt > eller < 325 W. For kvinnene var det 20 W økning per min, mens mennene hadde 25 W økning per min, økningene fortsatte til utmattelse, eller ble stoppet når tråkkfrekvensen gikk under 60 runder per minutt (RPM) (Figur 2). Deltakerne hadde munnstykket i under hele testen, $\dot{V}O_{2maks}$ ble regnet ut ved å ta gjennomsnittet av de 12 høyeste påfølgende 5-sekunders $\dot{V}O_2$ -målingene, gitt som ml/min.

3.3.4 30 min på 2mmol [La⁻]

5 minutter etter $\dot{V}O_{2maks}$ -testen gjennomføre deltakerne en 30 min periode på 2 mmol·L⁻¹ [La⁻]. Effektbelastningen ved 2 mmol·L⁻¹ [La⁻] ble regnet ut fra laktatprofilen. HF og RPM ble notert ned ved 3-5, 8-10, 13-15, 18-20, 23-25 og 28-30 min hvert 30 sekund, mens RPE ble notert ned ved slutten av hver av disse periodene.

3.3.5 Repeterte laktatprofildrag

Påfølgende etter 30 min på $2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ $[\text{La}^-]$ repeterte deltakerne 3. siste og 2. siste laktatprofildrag. Dette innebar at deltakerne repeterte lik lengde på dragene med samme effekt og RPM. I likhet med laktatprofilen ble det målt gjennomsnittlig $\dot{V}\text{O}_2$ -målinger hvert 30. sekund, fra 2.-5. min per laktatprofildrag. Og det ble tatt en laktatmåling og spurt om RPE mellom 5. min og start på neste laktatdrag. GE fresh ble regnet ut fra 3. siste og 2. siste laktatprofildrag og GE tired ble regnet ut fra 3. siste og 2. siste repeterte laktatdrag. De samme stegene ble repetert ved resterende langtidstester i både MIT og HIT.

3.3.6 15 min prestasjonstest

Ett minutt etter siste repeterte laktatdrag ble det gjennomført en 15 minutters prestasjonstest. Startbelastningen ble bestemt i samtale med deltakeren, og deltakeren hadde selv mulighet til å stille opp eller ned effekten hvert halve minutt underveis i testen. Deltakerne hadde i munnstykket under hele testen og det ble målt gjennomsnittlig $\dot{V}\text{O}_2$ -målinger, HF og RPM hvert 30. sekund. Etter testen ble det spurt om RPE og målt laktat ved stikk fra fingertupp et min etter.

3.4 Blokkperiodene

Intervalløktene i MIT-blokk og HIT-blokk ble gjennomført på samme klokkeslett alle dagene (± 1 . time), og før hver økt var det en 15 min standardisert oppvarming med RPE som intensitetsstyring (Figur 5), med en påfølgende 5 min pause før start. Intervallnummer 1, 3, 4 og 5 i MIT, og 1, 3 og 4 i HIT, ble gjennomført på deltakernes egen sykkel og sykkelrulle. Under intervallene ble RPE brukt som intensitetsstyring, og deltakerne i MIT ble instruert til å holde en intensitet som tilsvarte 14-15 i RPE gjennom hele draget. Øktene ble gjennomført som 7x10min, 6x12min og 5x14min repetert to ganger (Tabell 2; Figur 3). Pause ratioen var på 1:4. Det vil si at 10 min dragtid = 2.5 min pause, 12 min dragtid = 3 min pause og 14 min dragtid = 3.5 min pause. Mens deltakerne i HIT ble instruert til å holde en intensitet som tilsvarte 16-18 i RPE gjennom hele draget, og øktene ble gjennomført som 30/15s i 8 min og 45 sek drag 5 ganger, med pausetid på 3min mellom intervalldragene (Tabell 2; Figur 4). I pausene satt deltakerne stille uten å trække det første minuttet, mens resten av pausen var det

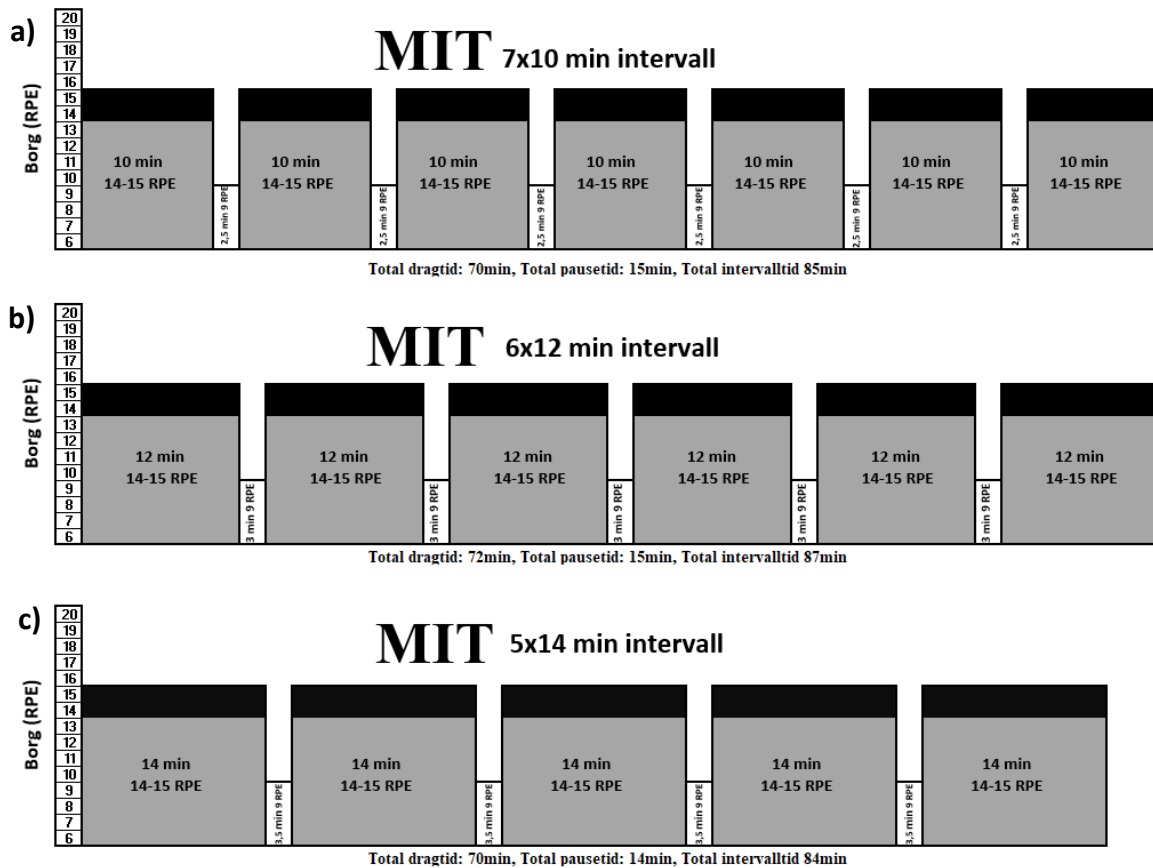
en aktiv restitusjon tilsvarende 9 RPE. Umiddelbart etter dragslutt ble RPE notert ned, 45 sek før hvert drag ble det notert ned opplevd klarhet til neste drag (1-7). Etter økten var ferdig ble det spurt om en øktscore (1-10; (Foster et al., 2001)).

Ved 2.- og siste økt i begge i både MIT og HIT gjennomførte deltakerne intervallene i labben med $\dot{V}O_2$ målinger på alle dragene. Intervallene ble gjennomført på deltakernes egen sykkel på en Tacx Neon 2 sykkelrulle (Wassenaar, Netherlands). Sykkelrullen var koblet til Tacx training appen (Tacx, 2021) via Bluetooth. Det ble gjennomført måling av respirasjon og gassutveksling på Vyntus CPX, mixing chamber (Vyntus CPX, Jaeger-CareFusion, UK) på begge intervallene. Ved målinger på Vyntus CPX ble det automatisk kalibrert for gass, volum og luftfuktighet før hver økt. Umiddelbart etter dragslutt ble det tatt laktatmåling med stikk fra fingertuppen. Under øktene i labben hørte deltakerne på en standardisert spilleliste som ble repetert ved neste økt i hver individuell periode.

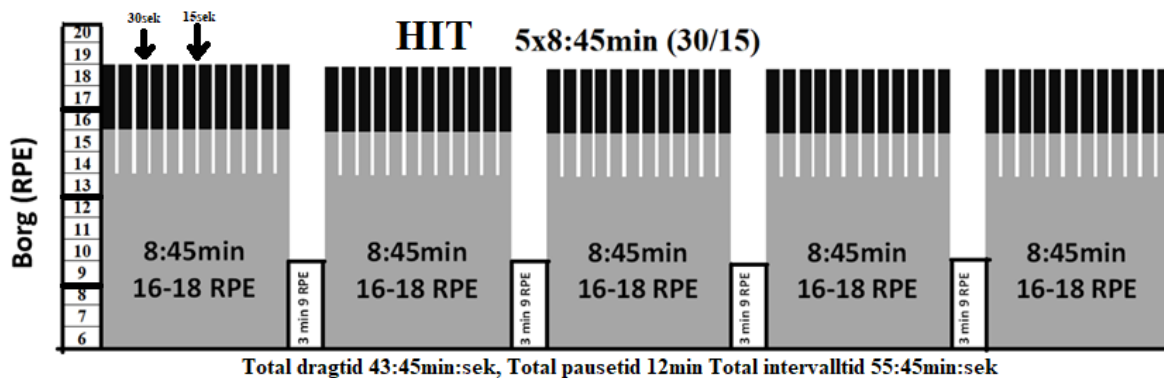
Tabell 2: Oppsett av intervaller under blokkperioden

Dag nr.	1	2	3	4	5	6	7	Total dragtid
MIT (min:sek)	7x10:00	6x12:00	5x14:00	Hvile	7x10:00	5x14:00	6x12:00	7:04
RPE (6-20)	14-16	14-16	14-16		14-16	14-16	14-16	(tt:mm)
HIT (min:sek)	5x8:45min (30/15s)	5x8:45min (30/15s)	5x8:45min (30/15s)	Hvile	5x8:45min (30/15s)	5x8:45min (30/15s)		3:42
RPE (6-20)	16-18	16-18	16-18		16-18	16-18		(tt:mm)

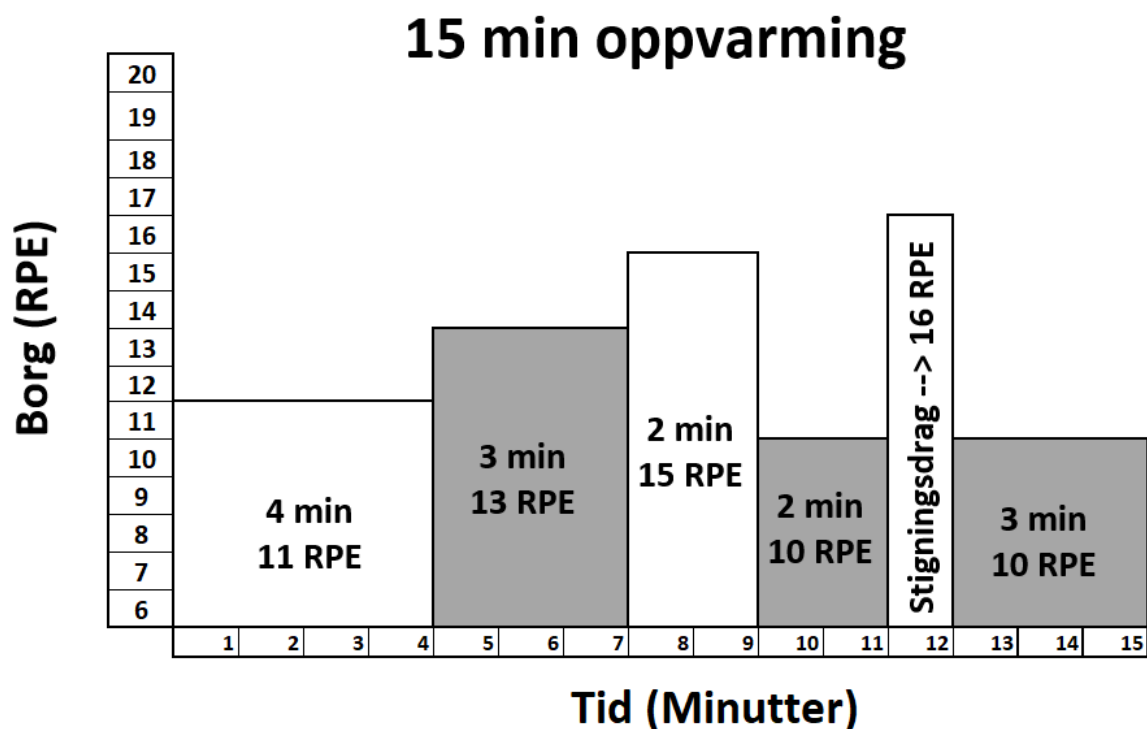
Forkortelser: RPE = Rate of perceived exertion (opplevd anstrengelse; Borg's skala 6-20(Borg, 1970))



Figur 3: Oversikt over MIT- blokk intervallene. Forkortelser RPE= opplevd anstrengelse. Intensitet deltakerne ble instruert til å holde seg til (svart felt). a) 7 drag av 10 minutter, med 2:30min:sek pause, b) 6 drag av 12 minutter med 3 min pause, c) 5 drag av 14 minutter med 3:30min:sek pause.



Figur 4: Oversikt over HIT- blokk intervallen. Forkortelser RPE = opplevd anstrengelse. Intensitet deltakerne ble instruert til å holde seg til (svart felt). 5 drag av 8:45min:sek gjennomført med varierende intensitet: 30 sek høy intensitet og 15 sek lavere intensitet (30/15 sek) med 3min pause mellom dragene.



Figur 5: Oppvarming før intervalløktene hvor intensiteten var basert på RPE skala (Borg, 1970).

3.5 Selvrapportert treningsdagbok

I tillegg til testene og intervalløktene, gjennomførte syklistene normal styrke og lavintensitets trening. I løpet av begge treningsperiodene registrerte forsøkspersonene selv all treningen i ferdiglagde treningsdagbøker (Vedlegg 2). Her noterte deltakerne varigheten i ulike intensitetssoner (1-5), bevegelsesform, øktscore (1-10; (Foster et al., 2001)), følelse i beina (1-9; (Rønnestad, Hansen, et al., 2014): 1 (veldig, veldig bra), 2 (veldig bra), 3 (god), 4 (litt god), 5 (normal), 6 (litt dårlig), 7 (dårlig), 8 (veldig dårlig), og 9 (veldig, veldig dårlig)), varigheten på maks styrketreningen (>80% av 1 repetisjons maks (1 RM)) og generell styrketrening (<80% av 1 RM). Utholdenhetstreningen ble som følge av Dr. Andrew Coggan's 7 soneinndelte intensitetsskala basert på HF ved $[La^-]$ $4\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$: sone 1 (0-68%), sone 2 (69-83%), sone 3 (84-94%), sone 4 (95-105%) og sone 5 (106%- makspuls).

Utholdenhetstreningen i MIT og HIT ble gjennomført som sykkel (hhv. 89 og 85%), løping (hhv. 6,6 og 7,4%), ski (hhv. 0,8 og 3,8%) og annen type bevegelse (hhv. 3,5 og 3,6%). For å kalkulere den totale treningsbelastningen av blokkperiodiseringen ble treningsimpuls (TRIMP) brukt. Basert på HF ble summen av all treningstiden (min) i intensitetsonene (1-5) multiplisert med en faktor på 1-3 respektivt (Banister et al., 1999). Intensitetsskalaen er en

komprimert versjon av Dr. Andrew Coggan's 7 soneinndelte intensitetsskala, hvor HF sone 1-2 tilsvarte TRIMP 1, HF sone 3 og 4 tilsvarte TRIMP 2 og HF sone 5 tilsvarte TRIMP 3.

Tabell 3: Gjennomsnittlig fordeling av trening fra pre til post- test i henholdsvis MIT og HIT periodene.

	MIT	HIT	ES
Sone 1 (tt:mm)	4:47 ± 3:57	4:04 ± 2:58	0.18
Sone 2 (tt:mm)	4:45 ± 2:19	4:43 ± 2:27	0.08
Sone 3 (tt:mm)	3:57 ± 1:18 ***	2:21 ± 0:51	1.45
Sone 4 (tt:mm)	5:43 ± 1:44 ***	3:31 ± 0:49	1.62
Sone 5 (tt:mm)	0:32 ± 0:30	1:12 ± 1:08 **	0.75
Tung styrketrening (tt:mm)	0:08 ± 0:22	0:05 ± 0:22	0.17
Generell styrketrening (tt:mm)	0:15 ± 0:22	0:11 ± 0:26	0.16
Total treningstid (tt:mm)	20:16 ± 2:55 €	17:25 ± 7:22	0.50
TRIMP 1	578 ± 202	527 ± 210	0.25
TRIMP 2	1163 ± 136***	706 ± 170	2.97
TRIMP 3	97 ± 93	216 ± 205 **	0.75
Total TRIMP	1838 ± 194 ***	1450 ± 264	1.67
Følelse i beina (1-9)	4.67 ± 0.74	4.44 ± 0.71	0.31
Øktscore (1-10)	4.62 ± 0.79	4.95 ± 0.79 €	0.42

Forkortelser = Følelse i beina, opplevd velvære i beina. TRIMP = kalkuleringsimpuls av belastning i treningsimpuls. € Tendens til forskjell mellom MIT og HIT ($p < 0.100$ og > 0.050). * Signifikant forskjell mellom MIT og HIT ($p < 0.050$). ** Signifikant forskjell mellom MIT og HIT ($p < 0.01$), *** Signifikant forskjell mellom MIT og HIT ($p < 0.001$)

3.6 Statistikk

Data ble systematisert i Excel 2016 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) før det videre ble analysert i Jamovi 2021 (The jamovi project, Version 1.6, Software, Sydney,

Australia). Tabeller og figurer ble utarbeidet i både Excel og Jamovi. All deskriptiv data i tekst, tabeller og figurer er oppgitt som gjennomsnitt med standardavvik (gjennomsnitt \pm SD). Parret Student's T-test ble gjennomført for å sammenligne øktene i MIT mot øktene i HIT. Linear Mixed Model med pre- test som kovariabel ble brukt for å sammenligne MIT mot HIT i prestasjonsvariabler, denne testen tok høyde for mulige forskjeller ved baseline. P-verdi < 0.050 var sett på som signifikat og P-verdi mellom < 0.100 og > 0.050 ble beskrevet som tendens. Cohen's d ble regnet ut for å gi estimat på effektstørrelsen (ES). ES ble beregnet på absolutte verdier fra MIT til HIT delt på standardaviket for treningsdata, mens data fra langtidstest ble regnet ut på prosentvis endring. Skala på graden av ES ble hentet fra Hopkins et al.(2009): <0.2 triviell, $0.2-0.6$ liten, $0.6-1.2$ moderat, $1.2-2.0$ stor og >2.0 veldig stor. Pearson's r ble brukt for å finne korrelasjon mellom variabler. Korrelasjonskoeffisienter ble skalert etter modellen fra Hopkins et al. $r < 0.1 =$ 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).

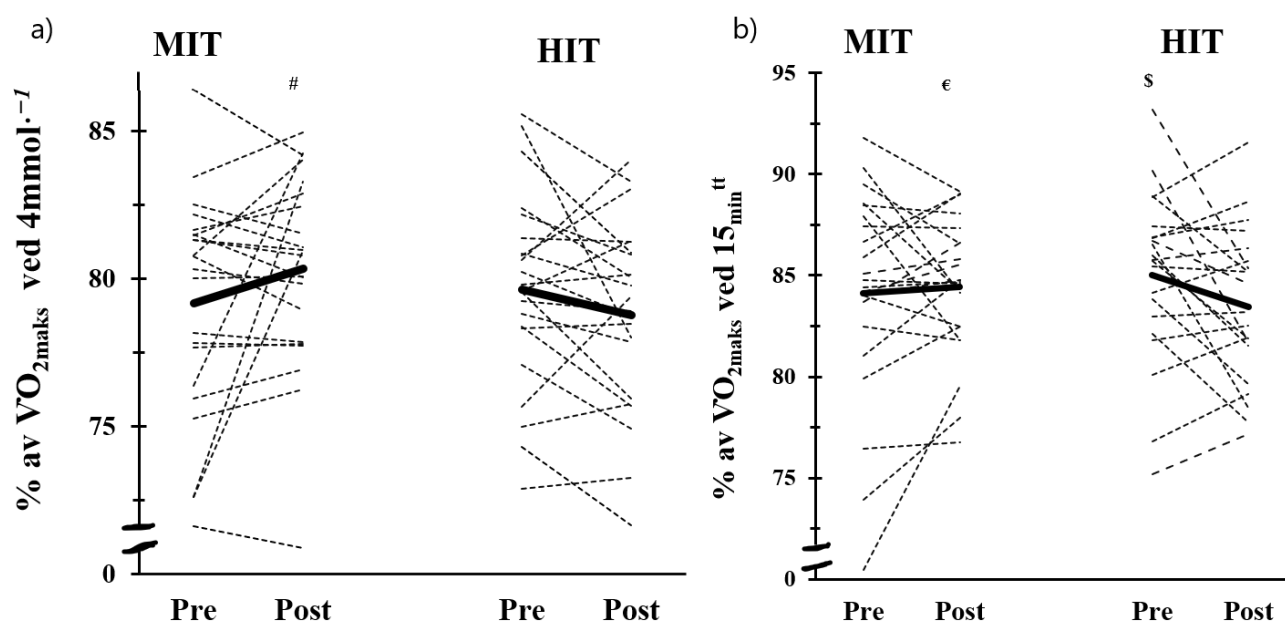
4.0 Resultater

4.1 Baseline forskjeller

Ved baseline var det forskjell mellom MIT og HIT, hvor HIT hadde høyere verdier i effekt ved blodlaktatterskel (hhv. 280 ± 39 W og 289 ± 44 W, $p = 0.020$), $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ (hhv. 4913 ± 589 mL og 5041 ± 620 mL, $p = 0.007$) og effekt ved 15 min prestasjonstest (hhv. 292.3 ± 43.98 W og 306.4 ± 48.45 W, $p = 0,001$). Det var ingen andre fysiologiske eller prestasjons- relaterte forskjeller mellom periodene.

4.2 Utholdenhetsprestasjonsvariabler

Etter treningsintervensjonen hadde MIT forbedring i utnyttingsgrad ved blodlaktatterskelen (hhv. 1.17 ± 3.42 % og -0.86 ± 2.42 %, $p = 0.024$), tendens til forbedring i effekt ved blodlaktatterskelen (hhv. 13 ± 11 W og $6,8 \pm 8.1$ W, $p = 0.056$) og tendens til forbedring i utnyttingsgrad ved 15 min prestasjonstest (hhv. 0.284 ± 3.51 %-poeng og -1.57 ± 3.64 %-poeng, $p = 0.098$) sammenlignet med HIT.

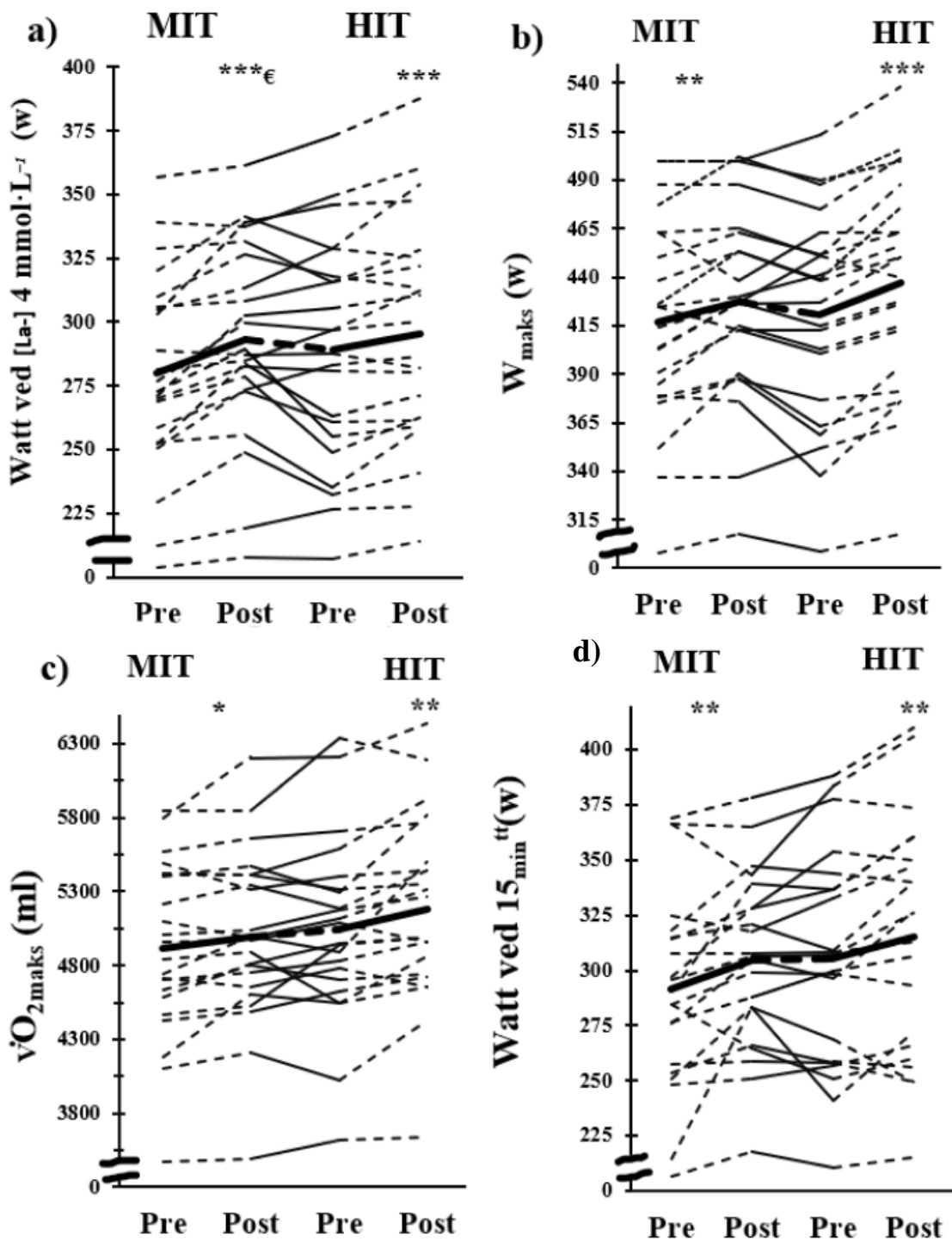


Figur 6: Individuell data (prikkede linjer) og gjennomsnittlig data (hele linjer). Forkortelser % av $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ ved $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ = utnyttingsgrad av $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ ved $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ blodlaktatkonsentrasjon, % av $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ ved $15_{\text{min}}^{\text{tt}}$ = utnyttingsgrad ved 15 min prestasjonstest. Før (Pre) og etter (Post) intervensjonen med MIT og HIT henholdsvis. \$ Tendens til forskjell mellom Pre og Post ($p < 0.100$ og > 0.050), € tendens til forskjell mellom MIT og HIT ($p < 0.100$ og > 0.050), # Signifikant forskjell mellom MIT og HIT ($p < 0.050$)

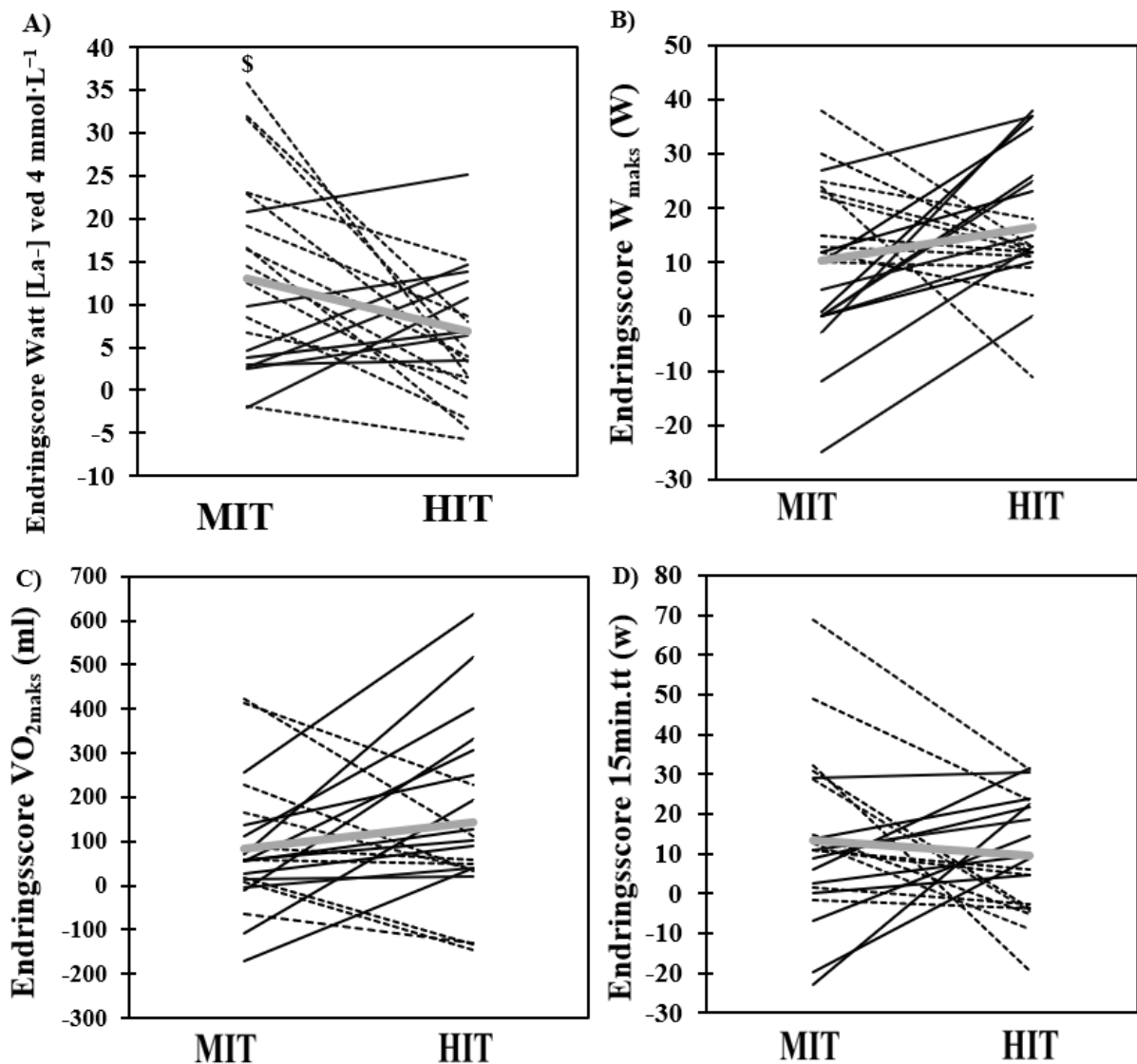
Tabell 4: Viser gjennomsnittlig økning fra Pre til Post og endring) med standardavvik og effektstørrelse av variabler som er målt under testdagene

	MIT			HIT			ES
	Pre	Post	Endring MIT	Pre	Post	Endring HIT	
W2mmol (W)	236 ± 39	245.8 ± 37 *	9.8 ± 19	243 ± 42	255 ± 42 ***	12.4 ± 12	0.09
W4mmol (W)	280 ± 39	293 ± 38 ***	13 ± 11 €	289 ± 44	296 ± 45 ***	6.8 ± 8	0.66
%$\dot{V}O_{2maks}^{4mmol}$ (%)	79.2 ± 3.8	80.3 ± 3.3	1.17 ± 3.4 #	79.6 ± 3.3	78.8 ± 3.2	-0.86 ± 2.4	0.67
W_{maks} (W)	417 ± 53.4	427 ± 50.7 **	10.3 ± 14.8	420 ± 55	437 ± 56***	16.5 ± 12.5	0.40
$\dot{V}O_{2maks}$-kg⁻¹ (mL/min/kg)	69.5 ± 5.9	70.6 ± 6.9 \$	1.1 ± 2.6	71.1 ± 6.5	72.9 ± 7.3 **	1.7 ± 2.8	0.23
$\dot{V}O_{2maks}$ (mL/min)	4912.6 ± 589	4995.6 ± 586 *	83 ± 146	5041 ± 620	5184 ± 631 **	143 ± 199	0.32
15_{min}^{tt} (W)	292.3 ± 44	305.5 ± 39 **	13.1 ± 20.8	305.6 ± 40	315.3 ± 54 **	9.67 ± 14.7	0.28
%$\dot{V}O_{2maks}15min^{tt}$ (W)	84.1 ± 5.3	84.4 ± 3.4	0.28 ± 3.50 €	85 ± 4.2 \$	83.4 ± 3.8	-1.57 ± 3.64	0.53
GE 3 fresh (%)	19.6 ± 1.5	19.9 ± 1.5 *	0.29 ± 0.58	19.6 ± 1.4	19.8 ± 1.5 \$	0.186 ± 0.50	0.20
GE 2 fresh (%)	19.9 ± 1.2	20.2 ± 1.2 *	0.25 ± 0.50	19.9 ± 1.3	20 ± 1.2 *	0.152 ± 0.32	0.22
GE 3 tired (%)	18.9 ± 1.5	19.3 ± 1.4 *	0.36 ± 0.71	19 ± 1.3	19.3 ± 1.4 **	0.268 ± 0.38	0.20
GE 2 tired (%)	19.4 ± 1.4	19.6 ± 1.2	0.18 ± 0.90	19.3 ± 1.1	19.5 ± 1.3 *	0.235 ± 0.45	0.03

Forkortelser: W2mmol = effekt ved 2 mmol·L⁻¹ blodlaktatkonsentrasjon, W4mmol = effekt ved 4 mmol·L⁻¹ blodlaktatkonsentrasjon, % $\dot{V}O_{2maks}^{4mmol}$ = utnyttingsgrad av $\dot{V}O_{2maks}$ ved 4 mmol·L⁻¹ blodlaktatkonsentrasjon, W_{maks} = gjennomsnitt effekt siste min av $\dot{V}O_{2maks}$ test, $\dot{V}O_{2maks}$ = maksimalt oksygenopptak, 15_{min}^{tt} = effekt ved 15 min prestasjonstest, % $\dot{V}O_{2maks}15min^{tt}$ = utnyttingsgrad ved 15 min prestasjonstest, GE 3 fresh = arbeidsøkonomi ved 3. siste laktatprofildrag, GE 2 fresh = arbeidsøkonomi ved 2. siste laktatprofildrag, GE 3 tired = arbeidsøkonomi ved 3. siste repeterte laktatprofildrag, GE 2 tired = arbeidsøkonomi ved 2. siste repeterte laktatprofildrag. Før (Pre) og etter (Post) intervensjonen med MIT og HIT henholdsvis. \$ Tendens til forskjell mellom Pre og Post (p < 0.100 og > 0.050), * Signifikant forskjell mellom Pre og Post (p < 0.050), ** Signifikant forskjell mellom Pre og Post (p < 0.010), *** Signifikant forskjell mellom Pre og Post (p < 0.001), € tendens til forskjell mellom MIT og HIT (p < 0.100 og > 0.050), # Signifikant forskjell mellom MIT og HIT (p < 0.050), Effektstørrelse (ES) er oppgitt som prosentvis endring.



Figur 7: Individuell data (prikkede linjer), gjennomsnittlig data (tykk svart linje) og linjer som følger individuelle deltaker fra post MIT til pre HIT (heltrukne svarte linjer). a) Watt ved $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ = effekt ved $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ blodlaktatkonsentrasjon. b) W_{maks} = gjennomsnittlig effekt siste min av $\dot{V}O_{2maks}$ test c) $\dot{V}O_{2maks}$ = maksimalt oksygenopptak d) 15_{min}^{tt} = 15 min prestasjonstest. Før (Pre) og etter (Post) intervensjonen med MIT og HIT henholdsvis * Signifikant forskjell mellom Pre og Post ($p < 0.050$), ** Signifikant forskjell mellom Pre og Post ($p < 0.010$), *** Signifikant forskjell mellom Pre og Post ($p < 0.001$), ϵ tendens til forskjell mellom MIT og HIT ($p < 0.100$ og > 0.050).



Figur 8: Fordeling av respons fra deltakerne mellom MIT og HIT (prikkede linjer), bedre respons på HIT sammenlignet med MIT (hele linjer) og gjennomsnitt (grå tykk heltrukken linje). A) Endringsscore Watt [$\dot{V}O_2$] $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ = Endringsscore effekt ved $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ blodlaktatkonsentrasjon, B) Endringsscore W_{maks} = Endringsscore gjennomsnittlig effekt siste min av $\dot{V}O_{2maks}$ test C) Endringsscore $\dot{V}O_{2maks}$ = endringsscore maksimalt oksygenopptak mL/min, D) Endringsscore 15min.tt = Endringsscore ved 15 min prestasjonstest. \$ tendens til forskjell ($p < 0.100$)

Tabell 5: Data fra intervalløkter oppgitt som gjennomsnitt med standardavvik og effektstørrelse

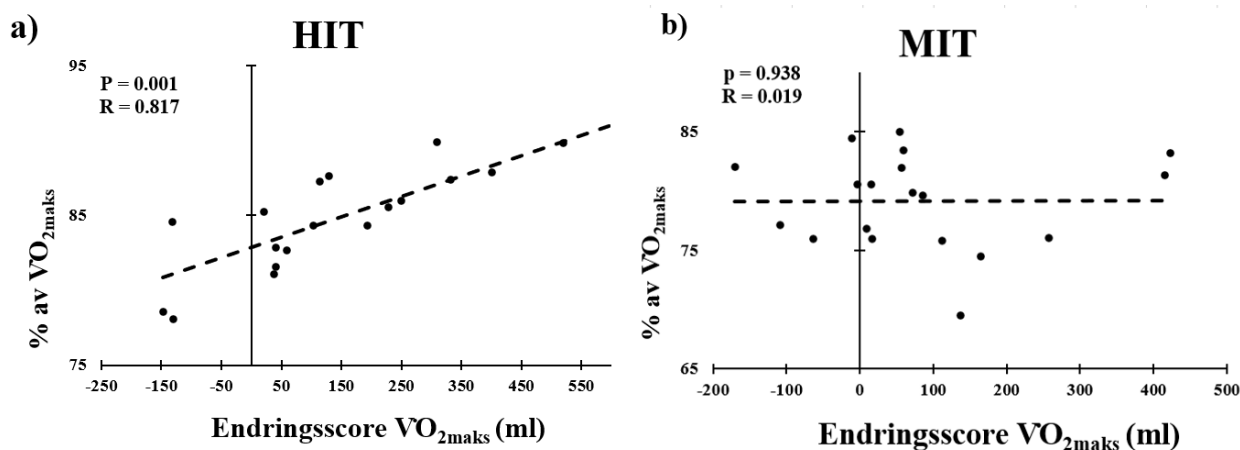
	MIT	HIT	ES
Øktscore (1-10)	5.27 ± 0.95	7.95 ± 0.98****	2.78
Gjennomsnittlig RPE (6-20)	14.44 ± 0.28	17.09 ± 0.48****	6.74
Opplevd klarhet (1-7)	2.97 ± 0.59	2.99 ± 0.64	0.03
Gjennomsnittlig [La⁻]	2.85 ± 0.88	7.4 ± 1.63****	3.47
Gjennomsnittlig HF	166.4 ± 8.21	173.5 ± 7.55****	0.9
Gjennomsnittlig % av HF_{maks} (%)	85.4 ± 3.2	89.8 ± 4.0****	1.20
Gjennomsnittlig Watt (W)	273 ± 37.4	297 ± 40.3****	0.61
Gjennomsnittlig % av W_{maks} (%)	65.8 ± 4.3	70.8 ± 5.3****	1.04
Gjennomsnittlig $\dot{V}O_2$ (mL)	3895.2 ± 492	4242.2 ± 525****	0.68
Gjennomsnittlig % av $\dot{V}O_{2maks}$ (%)	78.6 ± 4.4	84.1 ± 4.0****	1.31
Tid ≥ 95 % av $\dot{V}O_{2maks}$(s)	72 ± 188	213 ± 241**	0.66
Tid ≥ 90 % av $\dot{V}O_{2maks}$(s)	292 ± 412	719 ± 479****	0.95
Tid ≥ 85 % av $\dot{V}O_{2maks}$(s)	1012 ± 833	1402 ± 604**	0.54
Tid ≥ 80 % av $\dot{V}O_{2maks}$(s)	2110 ± 1086	1983 ± 444	0.16
Tid 80 - 90 % av $\dot{V}O_{2maks}$(s)	1818 ± 875**	1264 ± 330	0.84
Foretrukket periode (stk.)****	7	13	

Forkortelser: RPE = Rate of perceived exertion (opplevd anstrengelse; Borg's skala 6-20(Borg, 1970), Opplevd klarhet = opplevd klarhet før hvert drag, gjennomsnittlig [La⁻] = gjennomsnittlig laktatkonsentrasjon, HF = hjertefrekvens, HF_{maks} = maksimal hjertefrekvens, $\dot{V}O_{2maks}$ = maksimalt oksygenopptak, $\dot{V}O_2$ = oksygenopptak, * Signifikant forskjell mellom MIT og HIT (p = <0.05), ** Signifikant forskjell mellom MIT og HIT (p = <0.010), *** Signifikant forskjell mellom MIT og HIT (p < 0.001) ****Gitt i antall personer. Effektstørrelse (ES) er oppgitt som (HIT vs. MIT prosentvis endring)

4.3 Korrelasjoner

Resultatene fra langtidstesten og BP øktene under HIT viste korrelasjon mellom gjennomsnittlig prosent av $\dot{V}O_{2maks}$ under økter og; W_{maks} ($p = 0.034$, $r = 0.487$) og $\dot{V}O_{2maks}$ ($p = < 0.001$, $r = 0.817$), mens det var en tendens til negativ korrelasjon med utnyttingsgrad ved blodlaktatterskelen ($p = 0.098$, $r = -0.391$). Det var også korrelasjon mellom tid $\geq 90\%$ av $\dot{V}O_{2maks}$ og; W_{maks} ($p = 0.021$, $r = 0.526$), $\dot{V}O_{2maks}$ ($p = < 0.001$, $r = 0.847$), mens det var negativ korrelasjon med utnyttingsgrad ved blodlaktatterskelen ($p = 0.018$, $r = -0.538$) og utnyttingsgrad ved 15 min prestasjonstest ($p = 0.047$, $r = -0.474$). På tid mellom 80-90% av $\dot{V}O_{2maks}$ var det negativ korrelasjon med; $\dot{V}O_{2maks}$ ($p = 0.016$, $r = -0.544$) og en tendens til korrelasjon med utnyttingsgrad ved blodlaktatterskelen ($p = 0.087$, $r = 0.404$) og utnyttingsgrad ved 15 min prestasjonstest ($p = 0.051$, $r = 0.467$).

I undersøkelse mellom øktene på MIT og prestasjonsvariabler var det ingen signifikante korrelasjoner. Det ble heller ikke funnet korrelasjon mellom fysiologiske karakteristikk og hvilken periode deltakerne respondert best på. De fysiologiske karakteristikkene som ble undersøkt var utnyttingsgrad, $\dot{V}O_{2maks}$, arbeidsøkonomi og effekt ved blodlaktatterskelen.



Figur 9: Linjær korrelasjon for endringscore i $\dot{V}O_{2maks}$ (mL) med gjennomsnittlig prosent av $\dot{V}O_{2maks}$ under øktene (% av $\dot{V}O_{2maks}$). Individuelle datapoeng (svarte prikker), og korrelasjonsline (stiplet linje). a) HIT og b) MIT.

5.0 Diskusjon

5.1 Hovedfunn

Hovedfunnet i denne studien var at MIT hadde forbedring i utnyttingsgrad ved blodlaktatterskel med en moderat ES sammenlignet med HIT. I likhet med hypotesen var det ingen signifikant forskjell i effekt ved blodlaktatterskelen, men derimot en tendens til forbedring i MIT med en moderat ES, sammenlignet med HIT. I tillegg hadde MIT tendens til forbedring, med liten ES, i utnyttingsgrad ved 15 min prestasjonstest. I kontrast til hypotesen var det ingen forskjell mellom periodene i $\dot{V}O_{2maks}$ og W_{maks} , dette til tross for at HIT hadde mer tid $\geq 90\%$ av $\dot{V}O_{2maks}$, høyere gjennomsnittlig $\dot{V}O_2$, og høyere score på subjektive mål. Selv om HIT opplevdes tyngre, var det også perioden deltakerne foretrakk.

5.2 Utholdenhetsvariabler

MIT hadde tendens til forbedring i effekt ved blodlaktatterskel sammenlignet med HIT (Tabell 4; Figur 7a). Effekt ved blodlaktatterskel har i tidligere blitt forbedret etter endt HIT blokk hos godt trente utholdenhetsutøvere (Clark et al., 2014; Rønnestad et al., 2016; Rønnestad et al., 2022; Rønnestad & Vikmoen, 2019). Almquist et al (2022) fant forbedring i effekt ved blodlaktatterskel fra pre til post etter en 12 ukers blokkperiodisering med både MIT og HIT. Etter min forståelse har det aldri tidligere blitt vist at en enkelt MIT- blokk kan gi like god eller tendens til forbedring sammenlignet med HIT- blokk. Forbedring av effekt ved blodlaktatterskel er relatert til evnen til holde høyere belastning i konkurranser over lengre tid (Bishop et al., 2000; Lucia et al., 2004). Etersom det var tendens til forbedring i effekt ved blodlaktatterskel i MIT gruppen, kunne det tenkes at det var forbedring i 15min prestasjonstest, men det var det ikke. Grunnen til at det ikke var noen forskjell i 15 min prestasjonstest kan være at HIT gruppen hadde en numerisk forbedring i $\dot{V}O_{2maks}$ med liten ES (Tabell 4). Den numeriske forbedring i $\dot{V}O_{2maks}$ ved HIT og tendens til forbedring i effekt ved blodlaktatterskel ved MIT kan være grunnen til at begge periodene fikk lik forbedring i 15 min prestasjonstest (Tabell 4; Figur 7d).

Resultatene i denne studien er forskjellig fra tidligere studier som har funnet en forbedring i effekt ved blodlaktatterskel, maksimal aerob effekt, tid til utmattelse, og 10km løps test ved

HIT sammenlignet med MIT etter 6-10 uker med trening for syklister, løpere og triatleter (Muñoz et al., 2014; Neal et al., 2013; Stöggl & Sperlich, 2014). I studien til Muñoz et al. (2014) var det ingen forskjell i total treningstid, mens i denne studien hadde MIT tendens til mer treningstid med en liten ES (Tabell 3). Det var heller ingen forskjell i TRIMP i studien til Muñoz et al. (2014), mens denne studien hadde større TRIMP i MIT med stor ES (Tabell 3). Dette kan tyde på at i denne studien er det en større treningsbelastning i MIT som fører til tendens til forbedring i effekt ved blodlaktatterskel sammenlignet med HIT. Til tross for dette viste Neal et al. (2013) i likhet med denne studien til høyere TRIMP i MIT gruppen, men fikk likevel forbedring i HIT gruppen etter 6 uker med trening. Stöggl & Sperlich (2014) hadde forbedring i $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ og effekt ved laktatterskel i HIT selv om MIT gruppen hadde mer treningstid. Dette kan bety at i studiene til Neal et al. (2013) og Stöggl & Sperlich (2014), var treningsintensiteten utført i HIT som ga forbedring, til tross for mindre treningsbelastning.

Et viktig poeng å dra frem, og som kan være en stor svakhet, er at i denne studien startet alle deltakerne med en MIT-blokk før HIT-blokk. Rekkefølgeeffekten har vist seg å være viktig innenfor studier, og det har blitt argumentert for viktigheten av å bruke et studiedesign som motvirker denne effekten (Lucas, 1992). I tillegg startet deltakerne MIT-blokken etter en «offseason» periode, og var dermed i en dårligere treningsstatus sammenlignet med før HIT. For å ta høyde for dette ble det brukt en Linear Mixed Model med verdier fra pre- test som kovariabel, men likevel er det mulig at den dårligere treningsstatusen før MIT kan ha påvirket resultatene ved at deltakerne fikk en kunstig god forbedring ved å være i en dårligere treningsstatus, enn før HIT.

5.3 Utnyttingsgrad

I denne studien ble det funnet forbedring i utnyttingsgrad ved laktatterskel og tendens til forbedring i utnyttingsgrad ved 15 min prestasjonstest i MIT sammenlignet med HIT (Figur 6). Det har tidligere blitt observert at man ofte ikke finner endringer i utnyttingsgrad ved korte intervensjoner (Coyle, 1999; Losnegard et al., 2013; Rønnestad et al., 2017), og at trening over flere år er nødvendig for å forbedre utnyttingsgraden (Coyle, 1995; Rusko, 1987). Det er litt merkelig at utnyttelsesgraden for MIT ved blodlaktatterskel forbedret seg sammenlignet med HIT i denne studien, da det ikke var noen endring fra pre til post i noen av gruppene. Trolig skyldes forbedringen at MIT hadde en tendens til forbedring i effekt ved blodlaktatterskel med moderat effektstørrelse, mens HIT hadde en numerisk forbedring i

$\dot{V}O_{2\text{maks}}$ (hhv. $1.7 \pm 3 \%$ og $2.9 \pm 4 \%$) med liten ES (Tabell 4). Den numeriske forbedringen i $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ for HIT førte trolig også til at utnyttelsesgraden for HIT-gruppen var tendens til lavere i 15 min prestasjonstest fra pre til post, til tross for en forbedring i effekten ved samme test. Dette kan ha vært grunnen til at MIT hadde en tendens til bedre utnyttelsesgrad enn HIT i 15 min prestasjonstest (Figur 6).

Tidligere studier har vist god sammenheng mellom utnyttingsgrad og prestasjon (Coyle et al., 1991). Likevel i en undersøkelse mellom forholdet av utnyttingsgrad og effekten ved blodlaktatterskelen blant elitesyklister, var det kun en moderat korrelasjon (Støren et al., 2013). Det ble argumentert for at utnyttingsgrad ved blodlaktatterskel er en dårlig måleenhet for effekt ved terskelen, og i tillegg en dårlig måleenhet for utholdenhetsprestasjon for aktive syklister (Støren et al., 2013). I denne studien ble det ikke observert noen korrelasjon mellom utnyttingsgrad ved blodlaktatterskel og effekt ved 15 min prestasjonstest.

5.4 Maksimalt oksygenopptak

Tidligere etter HIT- blokk har $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ (Rønnestad et al., 2016) og W_{maks} (Breil et al., 2010; Clark et al., 2014; Rønnestad et al., 2016, 2022) begge blitt forbedret samtidig som effekt ved blodlaktatterskel. Til tross for tendens til forbedring i effekt ved blodlaktatterskel i MIT, ble det ikke funnet forskjell i $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ eller W_{maks} mellom MIT og HIT i denne studien. Selv om $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ og W_{maks} tidligere har blitt forbedret etter HIT blokk (Breil et al., 2010; Clark et al., 2014; Rønnestad et al., 2016; Rønnestad et al., 2022; Rønnestad et al., 2014b), har det ikke blitt vist at MIT kan gi like god forbedring som HIT (Tabell 4; Figur 7c). Dette er også forskjellig fra studien til Stöggl & Sperlich (2014) som fikk forbedring i $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ i HIT sammenlignet med MIT. Ved tidligere studier er det funnet bedre fremgang i $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ ved trening nær $\dot{V}O_{2\text{maks}}$, spesifikt $\geq 90 \%$ av $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ (Buchheit & Laursen, 2013; Laursen & Jenkins, 2002; Thevenet et al., 2007). I denne studien hadde HIT mer tid $\geq 90 \%$ av $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ og høyere gjennomsnittlig $\dot{V}O_2$ under øktene, med henholdsvis moderat og stor ES (Tabell 5). Med tanke på at trening nær $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ antas å stresse O_2 -leveringens – og utnyttelsessystemene maksimalt (Buchheit & Laursen, 2013; Midgley et al., 2006), kunne det tenkes at høyere $\%$ av $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ ved HIT skulle føre til bedre stimuli for å forbedre $\dot{V}O_{2\text{maks}}$. Likevel hadde HIT kun en numerisk forskjell med liten ES (Tabell 4). I HIT hadde både tid $\geq 90 \%$ av $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ og gjennomsnittlig $\%$ av $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ fra BP øktene en moderat korrelasjon med W_{maks} og stor korrelasjon med $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ (Figur 9). Samtidig som tid mellom 80-90 $\%$ $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ hadde en

moderat negativ korrelasjon med $\dot{V}O_{2\text{maks}}$. Etersom deltakerne i denne studien med mest tid i høy prosent av $\dot{V}O_{2\text{maks}}$, fikk størst forbedring i $\dot{V}O_{2\text{maks}}$, mens de med mest tid mellom 80-90 % av $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ fikk dårligst forbedring. Dette støtter andre studier som har foreslått bedre forbedring i $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ ved trening nær $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ (Buchheit & Laursen, 2013; Laursen & Jenkins, 2002; Midgley et al., 2006; Thevenet et al., 2007).

5.5 Arbeidsøkonomi

For å forbedre arbeidsøkonomi hos utholdenhetsutøvere har det blitt foreslått at et høyt volum av LIT over en lenger periode er nødvendig (Lucía et al., 2002; Scrimgeour et al., 1986), og tidligere er det ikke funnet forbedring etter HIT- blokk (Rønnestad et al., 2014a). Dermed var det ikke forventet å finne forbedring i arbeidsøkonomi etter MIT- blokk og HIT- blokk i denne studien, likevel var det signifikant forbedring fra pre til post i begge gruppene, men ingen forskjell mellom gruppene (Tabell 4). En økning i arbeidsøkonomi har blitt observert etter elleve uker med samtidig styrke og utholdenhetstrening (Vikmoen et al., 2016), noe som potensielt kunnet påvirket resultatene i denne studien. Siden det ikke var forskjell mellom gruppene i tung styrketrening (Tabell 3), er det lite trolig at resultatene ble påvirket av dette. Derimot er det observert at GE for syklister endret seg gjennom treningsperioden før sesongstart med 6.7 % (Hopker et al., 2009), noe som stemmer overens med denne studien. Denne forbedringen kan være en fysiologisk treningsrespons på treningsvolumet og intensiteten til deltakerne (Hopker et al., 2009). Etersom øktene i MIT var lenger enn øktene ved HIT kunne det tenkes at MIT ville ha en forbedring i GE og 15 min prestasjonstest i sliten tilstand sammenlignet med HIT, men her var det ingen forskjeller.

5.6 Blokkperiodiserings økter

Under BP øktene med $\dot{V}O_2$ målinger hadde HIT høyere verdier i nesten alle de målte verdiene med unntak av tid ≥ 80 % av $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ og mellom 80-90 % av $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ (Tabell 5). MIT har tidligere blitt definert mellom 80 - 90 % av $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ (Seiler, 2010), og siden dette var den sonen deltakerne i denne studien hadde mest tid i under MIT stemmer dette godt med studien til Seiler, (2010). (Seiler, 2010) har også definert MIT som trening med intensitet på 2.5-4mmol·L⁻¹ [La⁻], og 82–87 % av HF_{maks}, noe som også stemmer overens med resultatene i

denne studien (Tabell 5), og tyder på at deltakerne trente innenfor den definerte intensitetssonen.

Grunnen til de høye $\dot{V}O_2$ verdiene under HIT kommer trolig av høyere gjennomsnittseffekt, men kan i tillegg være påvirket av variasjon i effekt under intervallene (30/15). Intervaller med variert intensitet fører til mer tid $\geq 90\%$ av $\dot{V}O_{2maks}$ sammenlignet med konstant intensitet (Bossi et al., 2020; Rønnestad et al., 2020) ved at $\dot{V}O_2$ -kinetikken øker (Bossi et al., 2020). Når man arbeider på en høy intensitet er det naturlig at man kommer i oksygenunderskudd, dette er et resultat av anaerob metabolisme og en større konsentrasjon av blant annet ADP (Wilson, 2017). $\dot{V}O_2$ vil fortsatt øke og holde seg høy selv om effektbelastningen er lavere i korte perioder i løpet av intervalldraget (Bailey et al., 2011; Jones et al., 2008). Ved 15 sek lavere intensitet, som det var i HIT, ser det ut som det gir musklene nok tid til en viss grad få hentet seg inn igjen og omdannet ADP til ATP, som gjør at man kan arbeide lengre på høyere intensitet (Rønnestad & Hansen, 2016). Samtidig er ikke 15 sek lenge nok til at $\dot{V}O_2$ synker markant (Rønnestad & Hansen, 2016). $\dot{V}O_2$ -driften virker til å være viktig for å få mest mulig tid $\geq 90\%$ av $\dot{V}O_{2maks}$, men vil samtidig medføre en økning i $[La^-]$ og HF, som er vist å ha en sammenheng med RPE (Seiler & Sylta, 2017). Dette ble også observert i denne studien hvor HIT hadde høyere målinger i $[La^-]$, HF og RPE, selv om disse verdiene trolig ble mest påvirket av høyere gjennomsnittseffekt (Tabell 5).

Basert på RPE, og øktscore-målingene i denne studien, tyder det på at HIT intervallene var opplevd hardest å gjennomføre. HIT er tidligere observert å føre til høyere RPE sammenlignet med MIT (Olney et al., 2018) og store mengder med HIT kan føre til utilstrekkelig restitusjon og økt opplevd trøtthet (Hauswirth et al., 2014; Le Meur et al., 2013). Ettersom det ikke var forskjell i opplevd klarhet før hvert drag eller følelse i beina mellom MIT og HIT i denne studien, tyder det på at utøverne ikke var dårligere restituert eller hadde økt opplevd trøtthet under HIT-blokken (Tabell 5; Tabell 3).

Selv om det var forskjell i RPE i studien til Olney et al., (2018) var det ingen forskjell i hvilken økt de foretrakk, dette er forskjellig fra denne studien hvor 65 % av deltakerne foretrakk HIT, selv om HIT var opplevd hardest å gjennomføre. I tillegg til subjektiv anstrengelse ga også HIT de høyeste målingene for $[La^-]$. Både målene for opplevd anstrengelse og $[La^-]$ -målene kunne tyde på at deltakerne ville like HIT minst, men likevel foretrakk deltakerne HIT (Tabell 5).

Mellom HIT og MIT var det forskjell i treningsbelastning. MIT hadde større treningsbelastning målt i TRIMP-verdier, med en stor ES for TRIMP 2 og en veldig stor ES for total TRIMP. HIT hadde større treningsbelastning målt i TRIMP 3, med en moderat ES (Tabell 3). TRIMP er tidligere brukt til å kalkulere treningsbelastning hos iskhockey spillere (Ulmer et al., 2019) og elitesyklister ved treukers etapperitt i landeveissykling (Earnest et al., 2009). Selv om HIT førte til større fysiologisk stress under øktene, med mer tid ≥ 90 % av $\dot{V}O_{2maks}$ og høyere laktat, HF og RPE (Tabell 5), kan den større treningsbelastningen være grunnen til at MIT hadde tendens til forbedring i effekt ved laktatterskel og at det ikke var noen forskjell mellom MIT og HIT i $\dot{V}O_{2maks}$, W_{maks} og 15 min prestasjonstest. Likevel i tidligere studier har lenger intervaller med MIT vist mindre endring sammenlignet med kortere HIT intervaller (Seiler et al., 2013). Årsaken til denne forskjellen kan være at deltakerne i MIT gruppen til Seiler et al. (2013) hadde et lavere treningsvolum enn HIT gruppen (hhv. 5.6 og 6.1 timer i uken), mens i denne studien har MIT større total TRIMP og tendens til flere treningstimer enn HIT (Tabell 3).

5.7 Individuelle forskjeller

Tidligere har BP vist forbedring i sykkelprestasjon, men det er store forskjeller i responser mellom individer i BP-gruppene. Mens noen deltakere har vist stor forbedring, har andre hatt liten til ingen forbedring (Rønnestad et al., 2014a; Rønnestad et al., 2014b). Restitusjonsstatus kan påvirke treningskapasiteten, og treningsstatus, søvn, psykologisk stress, hverdagsaktiviteter, andre daglige rutiner og kosthold kan påvirke restitusjonsevnen (Mann et al., 2014; Marsh et al., 2020). Utilstrekkelig restitusjon før en treningsøkt, kan føre til redusert kvalitet og dermed lavere fysiologiske og cellebiologiske adaptasjoner, og kan være med på å forklare interindividuelle variasjoner i treningsresponser. (Mann et al., 2014).

I denne studien ser det ut til å være sammenheng i de forskjellige treningsperiodene hvor noen av deltakerne som responderte godt på MIT også responderte godt på HIT. Likevel viste resultatene at det var store individuelle forskjeller, hvor noen deltakere opplevde stor forbedring i MIT før en nedgang i HIT og omvendt (Figur 7). Størst forskjeller ser det ut til å være på 15 min prestasjonstest, og det kan tenkes at individuelle forskjeller blir større i sliten tilstand (Figur 7d). I tillegg viser resultatene i denne studien at flest deltakere responderte best på effekt ved blodlaktatterskel etter MIT (54.5 % av deltakerne), mens flest deltakere responderte best på W_{maks} , $\dot{V}O_{2maks}$ og 15 min prestasjonstest etter HIT (henholdsvis 54.5 %, 54.5 %, 54.5 %).

68 % og 57 % av deltakerne) (Figur 6).

Siden det ikke ble funnet korrelasjon mellom fysiologiske karakteristikk og hvilken periode deltakerne respondert best på i denne studien, er dette noe som kreves videre forskning på, og fremtidige studier oppfordres til å undersøke sammenhengen mellom muskelfibertype og prestasjonsfremgang i MIT eller HIT.

5.8 Praktisk betydning

Nåløyet for å lykkes i toppidretten er veldig lite, og studier på elite utholdenhetsutøvere i langrenn og roing estimerer at den minste verdifulle prestasjonsfremmende forbedringen å jobbe mot er 0.3 % (Smith & Hopkins, 2011; Spencer et al., 2014). Derfor er det trolig at syklister også burde jakte små endringer. Ut fra denne studien kan det tyde på både MIT-blokk og HIT-blokk vil føre til forbedring i utholdenhetsprestasjon. Likevel i en treningssituasjon, kan det virke som MIT vil ha en liten fordel i forbedring av effekt ved blodlaktatterskelen, mens HIT vil kunne ha en liten fordel i forbedring av $\dot{V}O_{2maks}$. Det oppfordres til videre forskning på dette. I planleggingen av treningen til utøvere vil det dermed være viktig med både MIT og HIT, og BP viser seg som en god periodisering. Til tross for dette er det viktig at trenere og utøvere tar høyde for de individuelle forskjellene i BP presentert i denne og tidligere studier (Rønnestad et al., 2014a; Rønnestad et al., 2014b).

5.9 Konklusjon

Godt trente syklister hadde forbedring i utnyttingsgrad ved blodlaktatterskel, tendens til forbedring i effekt ved blodlaktatterskel og tendens til forbedring utnyttingsgrad ved 15 prestasjonstest etter MIT-blokk sammenlignet med HIT-blokk. Det var ingen forskjeller i $\dot{V}O_{2maks}$, W_{maks} og 15 min prestasjonstest. Dette indikerer at blokkperiodisering av intervaller i MIT kan være en god strategi for å optimalisere treningen til utøvere.

6.0 Referanser

- Almquist, N. W., Eriksen, H. B., Wilhelmsen, M., Hamarsland, H., Ing, S., Ellefsen, S., Sandbakk, Ø., Rønnestad, B. R., & Skovereng, K. (2022). No Differences Between 12 Weeks of Block- vs. Traditional-Periodized Training in Performance Adaptations in Trained Cyclists. *Frontiers in Physiology*, *13*, 837634.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2022.837634>
- Arany, Z., Foo, S.-Y., Ma, Y., Ruas, J. L., Bommi-Reddy, A., Girnun, G., Cooper, M., Laznik, D., Chinsomboon, J., Rangwala, S. M., Baek, K. H., Rosenzweig, A., & Spiegelman, B. M. (2008). HIF-independent regulation of VEGF and angiogenesis by the transcriptional coactivator PGC-1 α . *Nature*, *451*(7181), Artikel 7181.
<https://doi.org/10.1038/nature06613>
- Bailey, S. J., Vanhatalo, A., Dimenna, F. J., Wilkerson, D. P., & Jones, A. M. (2011). Fast-Start Strategy Improves V'O₂ Kinetics and High-Intensity Exercise Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *43*(3), 457.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ef3dce>
- Banister, E. W., Carter, J. B., & Zarkadas, P. C. (1999). Training theory and taper: Validation in triathlon athletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *79*(2), 182–191. <https://doi.org/10.1007/s004210050493>
- Bassett, D. R., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *32*(1), 70–84. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>
- Bishop, D., Jenkins, D. G., McENIERY, M., & Carey, M. F. (2000). Relationship between plasma lactate parameters and muscle characteristics in female cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *32*(6), 1088.
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, *2*(2), 92–98.
- Bossi, A. H., Mesquida, C., Passfield, L., Rønnestad, B. R., & Hopker, J. G. (2020). Optimizing Interval Training Through Power-Output Variation Within the Work Intervals. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, *15*(7), 982–989.

- Breil, F. A., Weber, S. N., Koller, S., Hoppeler, H., & Vogt, M. (2010). Block training periodization in alpine skiing: Effects of 11-day HIT on VO₂max and performance. *European Journal of Applied Physiology*, *109*(6), 1077–1086.
<https://doi.org/10.1007/s00421-010-1455-1>
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle. *Sports Medicine*, *43*(5), 313–338.
<https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x>
- Burnley, M., Bearden, S. E., & Jones, A. M. (2022). Polarized Training Is Not Optimal for Endurance Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *54*(6), 1032.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002869>
- Chinsomboon, J., Ruas, J., Gupta, R. K., Thom, R., Shoag, J., Rowe, G. C., Sawada, N., Raghuram, S., & Arany, Z. (2009). The transcriptional coactivator PGC-1 α mediates exercise-induced angiogenesis in skeletal muscle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *106*(50), 21401–21406.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0909131106>
- Clark, B., Costa, V. P., O'Brien, B. J., Guglielmo, L. G., & Paton, C. D. (2014). Effects of a Seven Day Overload-Period of High-Intensity Training on Performance and Physiology of Competitive Cyclists. *PLOS ONE*, *9*(12), e115308.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115308>
- Costa, V. P., Guglielmo, L. G. A., & Paton, C. D. (2017). The effects of block training on pacing during 20-km cycling time trial. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, *42*(4), 391–398.
<https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0072>
- Coyle, E. F. (1995). Integration of the Physiological Factors Determining Endurance Performance Ability: *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *23*, 25–64.
<https://doi.org/10.1249/00003677-199500230-00004>
- Coyle, E. F. (1999). Physiological determinants of endurance exercise performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *2*(3), 181–189. [https://doi.org/10.1016/S1440-2440\(99\)80172-8](https://doi.org/10.1016/S1440-2440(99)80172-8)
- Coyle, E. F., Feltner, M. E., Kautz, S. A., Hamilton, M. T., Montain, S. J., Baylor, A. M., Abraham, L. D., & Petrek, G. W. (1991). Physiological and biomechanical factors

- associated with elite endurance cycling performance: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23(1), 93-107. <https://doi.org/10.1249/00005768-199101000-00015>
- Daniels, J., & Scardina, N. (1984). Interval Training and Performance: *Sports Medicine*, 1(4), 327–334. <https://doi.org/10.2165/00007256-198401040-00006>
- De Pauw, K., Roelands, B., Cheung, S. S., De Geus, B., Rietjens, G., & Meeusen, R. (2013). Guidelines to Classify Subject Groups in Sport-Science Research. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 8(2), 111–122.
- DeBosch, B., Treskov, I., Lupu, T. S., Weinheimer, C., Kovacs, A., Courtois, M., & Muslin, A. J. (2006). Akt1 Is Required for Physiological Cardiac Growth. *Circulation*, 113(17), 2097–2104. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.595231>
- Decroix, L., De Pauw, K., Foster, C., & Meeusen, R. (2016). Guidelines to Classify Female Subject Groups in Sport-Science Research. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 11(2), 204–213.
- Earnest, C. P., Foster, C., Hoyos, J., Muniesa, C. A., Santalla, A., & Lucia, A. (2009). Time Trial Exertion Traits of Cycling's Grand Tours. *International Journal of Sports Medicine*, 240–244. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1105948>
- Edgett, B. A., Foster, W. S., Hankinson, P. B., Simpson, C. A., Little, J. P., Graham, R. B., & Gurd, B. J. (2013). Dissociation of Increases in PGC-1 α and Its Regulators from Exercise Intensity and Muscle Activation Following Acute Exercise. *PLOS ONE*, 8(8), e71623. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071623>
- Egan, B., & Zierath, J. R. (2013). Exercise Metabolism and the Molecular Regulation of Skeletal Muscle Adaptation. *Cell Metabolism*, 17(2), 162–184. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2012.12.012>
- Ellison, G. M., Waring, C. D., Vicinanza, C., & Torella, D. (2012). Physiological cardiac remodelling in response to endurance exercise training: Cellular and molecular mechanisms. *Heart*, 98(1), 5–10. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2011-300639>
- Enoksen, E., Shalfawi, S. A. I., & Tønnessen, E. (2011). The Effect of High- vs. Low-Intensity Training on Aerobic Capacity in Well-Trained Male Middle-Distance Runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(3), 812. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc2291>
- Esteve-Lanao, J., Juan, A. F. S., Earnest, C. P., Foster, C., & Lucia, A. (2005). How Do Endurance Runners Actually Train? Relationship with Competition Performance.

Medicine & Science in Sports & Exercise, 37(3), 496.

<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000155393.78744.86>

- Evertsen, F., Medbø, J. I., & Bonen, A. (2001). Effect of training intensity on muscle lactate transporters and lactate threshold of cross-country skiers. *Acta Physiologica Scandinavica*, 173(2), 195–205. <https://doi.org/10.1046/j.1365-201X.2001.00871.x>
- Evertsen, Medbø, Jebens, & Gjøvaag. (1999). Effect of training on the activity of five muscle enzymes studied on elite cross-country skiers. *Acta Physiologica Scandinavica*, 167(3), 247–257. <https://doi.org/10.1046/j.1365-201x.1999.00607.x>
- Faria, E. W., Parker, D. L., & Faria, I. E. (2005). The Science of Cycling. *Sports Medicine*, 35(4), 285–312. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00002>
- Foster, C., Casado, A., Esteve-Lanao, J., Haugen, T., & Seiler, S. (2022). Polarized Training Is Optimal for Endurance Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(6), 1028. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002871>
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109–115.
- Hansen, E. A., & Sjøgaard, G. (2007). Relationship between efficiency and pedal rate in cycling: Significance of internal power and muscle fiber type composition. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(4), 408–414. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00580.x>
- Hauswirth, C., Louis, J., Aubry, A., Bonnet, G., Duffield, R., & Le Meur, Y. (2014). Evidence of Disturbed Sleep and Increased Illness in Overreached Endurance Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(5), 1036. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000177>
- Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjørth, N., Bach, R., & Hoff, J. (2007). Aerobic High-Intensity Intervals Improve $\dot{V}O_2\text{max}$ More Than Moderate Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(4), 665–671. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570>
- Holloszy, J. O., & Coyle, E. F. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiology*, 56(4), 831–838. <https://doi.org/10.1152/jappl.1984.56.4.831>

- Hopker, J., Coleman, D., & Passfield, L. (2009). Changes in Cycling Efficiency during a Competitive Season. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(4), 912. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818f2ab2>
- Hopker, J. G., Coleman, D. A., Gregson, H. C., Jobson, S. A., Von der Haar, T., Wiles, J., & Passfield, L. (2013). The influence of training status, age, and muscle fiber type on cycling efficiency and endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 115(5), 723–729. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00361.2013>
- Hopker, J. G., Coleman, D. A., & Wiles, J. D. (2007). Differences in efficiency between trained and recreational cyclists. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 32(6), 1036–1042. <https://doi.org/10.1139/H07-070>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Horowitz, J. F., Sidossis, L. S., & Coyle, E. F. (1994). High Efficiency of Type I Muscle Fibers Improves Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 15(03), 152–157. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021038>
- Hyden, J. R., & Cohen, B. S. (2015). Current Scientific Evidence for a Polarized Cardiovascular Endurance Training Model. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(12), 3523–3530. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001197>
- Ingham, S. A., Carter, H., Whyte, G. P., & Doust, J. H. (2008). Physiological and Performance Effects of Low- versus Mixed-Intensity Rowing Training. [Miscellaneous Article]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(3), 579–584. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31815ecc6a>
- Issurin, V. B. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 40(3), 189–206. <https://doi.org/10.2165/11319770-000000000-00000>
- Issurin, V. B. (2019). Biological Background of Block Periodized Endurance Training: A Review. *Sports Medicine*, 49(1), 31–39. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-1019-9>
- Ivy, J. L., Withers, R. T., Van Handel, P. J., Elger, D. H., & Costill, D. L. (1980). Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *Journal of Applied Physiology*, 48(3), 523–527. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.1980.48.3.523>

- Jensen, L., Bangsbo, J., & Hellsten, Y. (2004). Effect of high intensity training on capillarization and presence of angiogenic factors in human skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, 557(Pt 2), 571–582.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2003.057711>
- Jones, A. M. (2006). The Physiology of the World Record Holder for the Women’s Marathon. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 1(2), 101–116.
<https://doi.org/10.1260/174795406777641258>
- Jones, A. M., Wilkerson, D. P., Vanhatalo, A., & Burnley, M. (2008). Influence of pacing strategy on O₂ uptake and exercise tolerance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18(5), 615–626. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2007.00725.x>
- Joyner, M. J. (2017). Physiological limits to endurance exercise performance: Influence of sex. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2949–2954. <https://doi.org/10.1113/JP272268>
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: The physiology of champions. *The Journal of Physiology*, 586(1), 35–44.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>
- Laursen, P. B., Blanchard, M. A., & Jenkins, D. G. (2002). Acute High-Intensity Interval Training Improves T_{vent} and Peak Power Output in Highly Trained Males. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 27(4), 336–348. <https://doi.org/10.1139/h02-019>
- Laursen, P. B., & Jenkins, D. G. (2002). The Scientific Basis for High-Intensity Interval Training. *Sports Medicine*, 32(1), 53–73. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232010-00003>
- Laursen, P. B., Shing, C. M., Peake, J. M., Coombes, J. S., & Jenkins, D. G. (2002). Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(11), 1801.
- Le Meur, Y., Hausswirth, C., Natta, F., Couturier, A., Bignet, F., & Vidal, P. P. (2013). A multidisciplinary approach to overreaching detection in endurance trained athletes. *Journal of Applied Physiology*, 114(3), 411–420.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01254.2012>
- Lehman, J. J., Barger, P. M., Kovacs, A., Saffitz, J. E., Medeiros, D. M., & Kelly, D. P. (2000). Peroxisome proliferator-activated receptor γ coactivator-1 promotes cardiac mitochondrial biogenesis. *The Journal of Clinical Investigation*, 106(7), 847–856.
<https://doi.org/10.1172/JCI10268>

- Lindsay, F. H., Hawley, J. A., Myburgh, K. H., Schomer, H. H., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1996). Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(11), 1427.
- Losnegard, T., Myklebust, H., Spencer, M., & Hallén, J. (2013). Seasonal Variations in V[Combining Dot Above]O₂max, O₂-Cost, O₂-Deficit, and Performance in Elite Cross-Country Skiers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(7), 1780.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827368f6>
- Lucas, C. P. (1992). The order effect: Reflections on the validity of multiple test presentations. *Psychological Medicine*, 22(1), 197–202.
<https://doi.org/10.1017/s0033291700032852>
- Lucía, A., Hoyos, J., Pardo, J., & Chicharro, J. L. (2000). Metabolic and Neuromuscular Adaptations to Endurance Training in Professional Cyclists. A Longitudinal Study. *The Japanese Journal of Physiology*, 50(3), 381–388.
<https://doi.org/10.2170/jjphysiol.50.381>
- Lucía, A., Hoyos, J., Pérez, M., Santalla, A., & Chicharro, J. L. (2002). Inverse relationship between VO₂max and economy/efficiency in world-class cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(12), 2079–2084.
<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000039306.92778.DF>
- Lucia, A., Hoyos, J., Perez, M., Santalla, A., Earnest, C., & Chicharro, J. (2004). Which laboratory variable is related with time trial performance time in the Tour de France? *British Journal of Sports Medicine*, 38(5), 636–640.
<https://doi.org/10.1136/bjism.2003.008490>
- Lundby, C., Montero, D., & Joyner, M. (2017). Biology of VO₂max: Looking under the physiology lamp. *Acta Physiologica*, 220(2), 218–228.
<https://doi.org/10.1111/apha.12827>
- Lundby, C., & Robach, P. (2015). Performance Enhancement: What Are the Physiological Limits? *Physiology*, 30(4), 282–292. <https://doi.org/10.1152/physiol.00052.2014>
- MacInnis, M. J., & Gibala, M. J. (2017). Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2915–2930.
<https://doi.org/10.1113/JP273196>

- Mann, T. N., Lamberts, R. P., & Lambert, M. I. (2014). High Responders and Low Responders: Factors Associated with Individual Variation in Response to Standardized Training. *Sports Medicine*, 44(8), 1113–1124. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0197-3>
- Marsh, C. E., Thomas, H. J., Naylor, L. H., Scurrah, K. J., & Green, D. J. (2020). Fitness and strength responses to distinct exercise modes in twins: Studies of Twin Responses to Understand Exercise as a Therapy (STRUETH) study. *The Journal of Physiology*, 598(18), 3845–3858. <https://doi.org/10.1113/JP280048>
- McGawley, K., Juudas, E., Kazior, Z., Ström, 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. *Frontiers in Physiology*, 8. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2017.00413>
- Midgley, A., McNaughton, L., & Carroll, S. (2007). Reproducibility of Time at or near $V\cdot O_{2max}$ during Intermittent Treadmill Running. *International Journal of Sports Medicine*, 28(1), 40–47. <https://doi.org/10.1055/s-2006-923856>
- Midgley, A. W., McNaughton, L. R., & Wilkinson, M. (2006). Is there an Optimal Training Intensity for Enhancing the Maximal Oxygen Uptake of Distance Runners? *Sports Medicine*, 36(2), 117–132. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636020-00003>
- Millet, G. P., Jaouen, B., Borrani, F., & Candau, R. (2002). Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and $\dot{V}O_2$ kinetics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(8), 1351–1359. <https://doi.org/10.1097/00005768-200208000-00018>
- Mortensen, S. P., Dawson, E. A., Yoshiga, C. C., Dalsgaard, M. K., Damsgaard, R., Secher, N. H., & González-Alonso, J. (2005). Limitations to systemic and locomotor limb muscle oxygen delivery and uptake during maximal exercise in humans. *The Journal of Physiology*, 566(Pt 1), 273–285. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2005.086025>
- Muñoz, I., Cejuela, R., Seiler, S., Larumbe, E., & Esteve-Lanao, J. (2014). Training-Intensity Distribution During an Ironman Season: Relationship With Competition Performance. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 9(2), 332–339.
- Muñoz, I., Seiler, S., Bautista, J., España, J., Larumbe, E., & Esteve-Lanao, J. (2014). Does Polarized Training Improve Performance in Recreational Runners? *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 9(2), 265–272.

- Mølmen, K. S., Øfsteng, S. J., & Rønnestad, B. R. (2019). Block periodization of endurance training—A systematic review and meta-analysis. *Open Access Journal of Sports Medicine*, *10*, 145–160. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S180408>
- Neal, C. M., Hunter, A. M., Brennan, L., O’Sullivan, A., Hamilton, D. L., DeVito, G., & Galloway, S. D. R. (2013). Six weeks of a polarized training-intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations than a threshold model in trained cyclists. *Journal of Applied Physiology*, *114*(4), 461–471. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00652.2012>
- Olney, N., Wertz, T., LaPorta, Z., Mora, A., Serbas, J., & Astorino, T. A. (2018). Comparison of Acute Physiological and Psychological Responses Between Moderate-Intensity Continuous Exercise and Three Regimes of High-Intensity Interval Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *32*(8), 2130. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002154>
- Orie, J., Hofman, N., de Koning, J. J., & Foster, C. (2014). Thirty-Eight Years of Training Distribution in Olympic Speed Skaters. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, *9*(1), 93–99.
- Pate, R. R., & Kriska, A. (1984). Physiological Basis of the Sex Difference in Cardiorespiratory Endurance: *Sports Medicine*, *1*(2), 87–98. <https://doi.org/10.2165/00007256-198401020-00001>
- Rose, A. J., Kiens, B., & Richter, E. A. (2006). Ca²⁺—calmodulin-dependent protein kinase expression and signalling in skeletal muscle during exercise. *The Journal of Physiology*, *574*(Pt 3), 889–903. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.111757>
- Rosenblat, M. A., Perrotta, A. S., & Vicenzino, B. (2019). Polarized vs. Threshold Training Intensity Distribution on Endurance Sport Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *33*(12), 3491–3500. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002618>
- Rusko, H. (1987). The effect of training on aerobic power characteristics of young cross-country skiers. *Journal of Sports Sciences*, *5*(3), 273–286. <https://doi.org/10.1080/02640418708729782>
- Rønnestad, B. R., Bjerkrheim, K. A., Hansen, J., & Mølmen, K. S. (2022). A 6-day high-intensity interval microcycle improves indicators of endurance performance in elite cross-

- country skiers. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 948127.
<https://doi.org/10.3389/fspor.2022.948127>
- Rønnestad, B. R., Ellefsen, S., Nygaard, H., Zacharoff, E. E., Vikmoen, O., Hansen, J., & Hallén, J. (2014). Effects of 12 weeks of block periodization on performance and performance indices in well-trained cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in 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. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(4), 999. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a73e8a>
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., & Ellefsen, S. (2014). Block periodization of high-intensity aerobic intervals provides superior training effects in trained cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(1), 34–42.
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., & Nygaard, H. (2017). 10 weeks of heavy strength training improves performance-related measurements in elite cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 35(14), 1435–1441. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1215499>
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., Nygaard, H., & Lundby, C. (2020). Superior performance improvements in elite cyclists following short-interval vs effort-matched long-interval training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(5), 849–857.
<https://doi.org/10.1111/sms.13627>
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., Stensløyken, L., Joyner, M. J., & Lundby, C. (2019). Case Studies in Physiology: Temporal changes in determinants of aerobic performance in individual going from alpine skier to world junior champion time trial cyclist. *Journal of Applied Physiology*, 127(2), 306–311.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00798.2018>
- 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. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(2), 140–146.
<https://doi.org/10.1111/sms.12418>
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., Vegge, G., Tønnessen, E., & Slettaløyken, G. (2015). Short intervals induce superior training adaptations compared with long intervals in cyclists – An effort-matched approach. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(2), 143–151. <https://doi.org/10.1111/sms.12165>

- 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*, 29(12), 1856–1865.
<https://doi.org/10.1111/sms.13536>
- Sandbakk, Ø., Hegge, A. M., Losnegard, T., Skattebo, Ø., Tønnessen, E., & Holmberg, H.-C. (2016). The Physiological Capacity of the World's Highest Ranked Female Cross-country Skiers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(6), 1091.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000862>
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners. *Sports Medicine*, 34(7), 465–485.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00005>
- Scrimgeour, A. G., Noakes, T. D., Adams, B., & Myburgh, K. (1986). The influence of weekly training distance on fractional utilization of maximum aerobic capacity in marathon and ultramarathon runners. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 55(2), 202–209. <https://doi.org/10.1007/BF00715006>
- Seiler, S. (2010). What is Best Practice for Training Intensity and Duration Distribution in Endurance Athletes? *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 5(3), 276–291.
- Seiler, S., Jøranson, K., Olesen, B. V., & Hetlelid, K. J. (2013). Adaptations to aerobic interval training: Interactive effects of exercise intensity and total work duration. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(1), 74–83.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01351.x>
- Seiler, S., & Kjerland, G. O. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: Is there evidence for an «optimal» distribution? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 16(1), 49–56.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2004.00418.x>
- Seiler, S., & Sylta, Ø. (2017). How Does Interval-Training Prescription Affect Physiological and Perceptual Responses? *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 12, S2-80.
- Sjödin, B., & Svedenhag, J. (1985). Applied Physiology of Marathon Running: *Sports Medicine*, 2(2), 83–99. <https://doi.org/10.2165/00007256-198502020-00002>

- Smith, T. B., & Hopkins, W. G. (2011). Variability and Predictability of Finals Times of Elite Rowers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(11), 2155.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31821d3f8e>
- Spencer, M., Losnegard, T., Hallén, J., & Hopkins, W. G. (2014). Variability and Predictability of Performance Times of Elite Cross-Country Skiers. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 9(1), 5–11.
- Stöggl, T. L., & Sperlich, B. (2015). The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes. *Frontiers in Physiology*, 6, 295.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00295>
- Stöggl, T., & Sperlich, B. (2014). Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Frontiers in Physiology*, 5, 33. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00033>
- Støren, Ø., Ulevåg, K., Larsen, M. H., Støa, E. M., & Helgerud, J. (2013). Physiological Determinants of the Cycling Time Trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(9), 2366–2373. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827f5427>
- Sylta, Ø., Tønnessen, E., & Seiler, S. (2014). From Heart-Rate Data to Training Quantification: A Comparison of 3 Methods of Training-Intensity Analysis. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 9(1), 100–107.
- Thevenet, D., Tardieu, M., Zouhal, H., Jacob, C., Abderrahman, B. A., & Prioux, J. (2007). Influence of exercise intensity on time spent at high percentage of maximal oxygen uptake during an intermittent session in young endurance-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 102(1), 19–26. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0540-6>
- Tønnessen, E., & Rønnestad, B. R. (2018). *Trening: Fra barneidrett til toppidrett*. Gyldendal.
[https://www.nb.no/search?q=oaiid:"oai:nb.bibsys.no:999919953180202202"&media type=bøker](https://www.nb.no/search?q=oaiid:)
- Ulmer, J. G., Tomkinson, G. R., Short, S., Short, M., & Fitzgerald, J. S. (2019). Test-retest reliability of TRIMP in collegiate ice hockey players. *Biology of Sport*, 36(2), 191–194.
<https://doi.org/10.5114/biolsport.2019.84670>
- van der Poel, N. (2022). *How to skate a 10k*.
https://www.howtoskate.se/files/ugd/e11bfe_b783631375f543248e271f440bcd45c5.pdf

- van der Schaft, D. W. J., van Spreeuwel, A. C. C., van Assen, H. C., & Baaijens, F. P. T. (2011). Mechanoregulation of Vascularization in Aligned Tissue-Engineered Muscle: A Role for Vascular Endothelial Growth Factor. *Tissue Engineering Part A*, 17(21–22), 2857–2865. <https://doi.org/10.1089/ten.tea.2011.0214>
- Vikmoen, O., Ellefsen, S., Trøen, Ø., Hollan, I., Hanestadhaugen, M., Raastad, T., & Rønnestad, B. R. (2016). Strength training improves cycling performance, fractional utilization of VO₂max and cycling economy in female cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(4), 384–396. <https://doi.org/10.1111/sms.12468>
- Wilson, D. F. (2017). Oxidative phosphorylation: Unique regulatory mechanism and role in metabolic homeostasis. *Journal of Applied Physiology*, 122(3), 611–619. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00715.2016>
- Wu, H., Kanatous, S. B., Thurmond, F. A., Gallardo, T., Isotani, E., Bassel-Duby, R., & Williams, R. S. (2002). Regulation of mitochondrial biogenesis in skeletal muscle by CaMK. *Science (New York, N.Y.)*, 296(5566), 349–352. <https://doi.org/10.1126/science.1071163>

7.0 Vedlegg

7.1 Skriftelig samtykke

Vedlegg 1: Skriftelig samtykke



[27.09.2022]

VIL DU DELTA I FORSKNINGSPROSJEKTET:

«BOLKLEGGING AV MODERATINTENSIV- OG HØYINTENSIV TRENING FOR SYKLISTER»

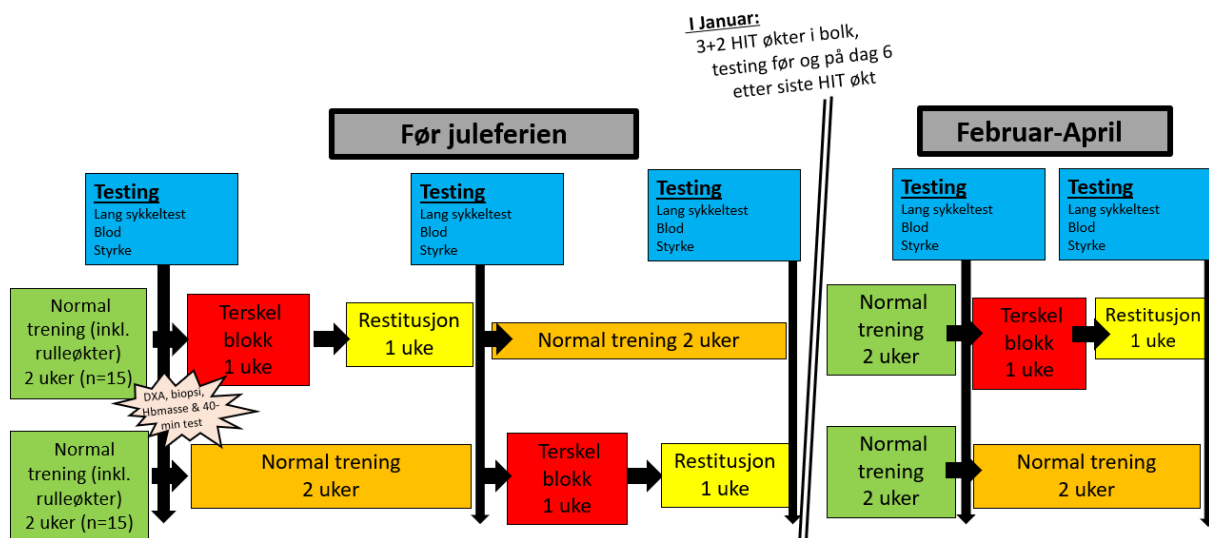
formålet med prosjektet og hvorfor du blir spurt

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å skaffe ny kunnskap om effektene av å blokkperiodisere trening for syklister. I studien vil vi spesielt undersøke hva som karakteriserer de personene som har sær god effekt av å blokkperiodisere utholdenhetstrening, sammenlignet med de som ikke har så god effekt av slik type trening. I dette skrivet finner du utdypende informasjon om målene med studien og hva en eventuell deltagelse vil innebære for deg. *Bakgrunn.* Blokkperiodisering av utholdenhetstrening, altså at man i korte tidsperioder fokuserer på å forbedre noen få egenskaper ad gangen, har det siste tiåret fått stor oppmerksomhet. Det er imidlertid forsket nesten utelukkende på blokktraining av høyintensive treningsøkter (HIT), og det mangler kunnskap om effektene ved blokklegging av moderatintensiv trening (MIT), altså trening på en intensitet rett under den anaerobe terskelen («terskeltrening»). Det mangler også kunnskap om hvor repeterbare effektene av en slik treningsperiode er for den enkelte idrettsutøver hvis en helt lik treningsperiode gjentas på et seinere tidspunkt.

Formål og kortfattet beskrivelse av studien. I denne studien ønsker vi derfor å undersøke om (1) effektene av to uker med moderatintensiv trening er repeterbare når den samme treningsperioden gjentas 3-5 måneder seinere for den enkelte utøver, (2) å sammenligne effektene av en MIT-blokk med en tilsvarende tidsperiode med vanlig trening, (3) å sammenligne effektene av en MIT-blokk med effektene av en HIT-blokk, og (4) å undersøke hva som karakteriserer de personene som har god effekt av MIT- og HIT-blokktraining sammenlignet med de som har dårligere effekt. Vi vil bl.a. undersøke om det er en sammenheng mellom fibertypesammensetningen i lårmuskulaturen, pulsvariasjonen («*heart rate variability*»), stress, helserelatert livskvalitet, beinmineraltetthet eller kroppssammensetningen¹ og hvor stor effekt man får av blokktraining. Denne studien vil altså være nyttig for å undersøke hva slags type trening og treningsorganisering som gir best effekt for den enkelte utøver. Deltagerne i studien vil bli tilfeldig valgt ut til enten å starte med en to ukers treningsblokk med terskeltrening eller bare fortsette i to uker med sin normale trening. Deretter bytter deltagerne treningsfokus, slik at de som startet med terskeltrening gjennomfører to uker med normal trening, mens den andre gruppen gjennomfører to ukers terskelblokk og *vice versa*. Denne prosedyren skal repeteres 3-5 måneder seinere. Mellom de to rundene med terskeltrening, skal det gjennomføres en blokk med HIT. Det vil bli gjennomført fysiologisk testing før og etter hver enkelt treningsblokk.

Vi ønsker totalt 50 godt trente landeveis- og terrengsyklister i alderen 17-40 år til å delta i prosjektet. Forespørselen sendes til aktuelle trenere og utøvere i Innlandet og Oslo-regionen.

¹ Hvor stor mengde muskelmasse, fett og ben man har i kroppen



Figur 1. Grovoversikt over hele blokktreningssprosjektet. Terskelblokk-periodene består av én uke med seks økter etterfulgt av én uke med restitusjonsfokus før fysisk testing gjennomføres, mens HIT-blokken består av én uke med fem HIT-økter etterfulgt av én uke med restitusjonsfokus.

DXA, dual-energy X-ray absorptiometry (dvs. måling av kroppssammensetning); Hbmasse, hemoglobinmasse; HIT-økter, høyintensive treningsøkter.

Hva innebærer PROSJEKTET for deg?

For en oversikt over studien, se Figur 1.

Forberedelser. Som deltager i prosjektet skal du gjennomføre to ukentlige økter inne på sykkelrulle de siste to ukene før prosjektet starter.

Gjennomføring. Fra oktober til mai skal du gjennomføre fire eksperimentelle perioder som hver varer to uker (Figur 1). I to av periodene skal du gjennomføre en terskelblokk, i en periode er du «kontroll» og bare fortsetter med din normale trening, mens du i den fjerde perioden gjennomfører en HIT-blokk. Før og etter hver to-ukersperiode skal du gjennomføre ett standardisert testbatteri (én testdag; se «Testdag 1» i Tabell 1 for innhold og rekkefølge på tester under denne testdagen, samt de blå boksene i Figur 1 for når disse testdagene skal gjennomføres). Den første testrunden inneholder også ett utvidet testbatteri (én ekstra testdag) for å undersøke betydningen av ulike fysiologiske faktorer for utholdenhetsprestasjon og ulike helsevariabler (se «Testdag 2» i Tabell 1).

Tabell 1. Oversikt over innholdet og rekkefølgen på de ulike testdagene.

Testdag 1	
1.	Test av maksimal muskelstyrke ved kneekstensjon
2.	Laktatprofiltest
3.	Test av 10 sekunders spurtprestasjon
4.	Test av maksimalt oksygenopptak ($\dot{V}O_2$ maks)
5.	30 min sykling på wattbelastning tilsvarende 2mmol/L laktatkonsentrasjon
6.	3. siste og 2. siste draget fra laktatprofiltesten
7.	Test av 15 minutters sykkelprestasjon
Testdag 2 (kun ved første testrunde)	
1.	Fastende test av kroppssammensetning (målt med DXA)
2.	Måling av muskeltykkelse i låret (målt med ultralyd)
3.	Mikrobiopsi av <i>m. vastus lateralis</i> (en muskel i låret) og blodprøve
4.	Måling av hematokrit (blodprosent) og hemoglobinkonsentrasjon
5.	Spise frokost
6.	Utfylling av spørreskjema
7.	Test av 40 minutters sykkelprestasjon
8.	25 min pause (mulighet for å dusje)
9.	Måling av kroppens totale hemoglobinmasse

Testdag 1 og 2 (se Tabell 1) gjennomføres ved Høgskolen i Innlandet - studiested Lillehammer sitt idrettsfysiologiske testlaboratorium. På testdag 1 skal du teste din maksimale muskelstyrke i kneekstensjon før testingen av de sykkelspesifikke egenskapene starter med en laktatprofiltest, test av 10 sekunders spurtprestasjon, test av maksimalt oksygenopptak ($\dot{V}O_2$ maks) og 15 minutters sykkelprestasjon. Testdag 2 starter med måling av kroppssammensetning i fastende tilstand (gjøres ved scanning av kroppen hvor det måles hvor stor mengde fett, ben og muskelmasse man har i kroppen), etterfulgt av frokost, utfylling av spørreskjemaer (spørreskjemaet «Daily Analysis of Life Demands in Athletes», samt et spørreskjema om helse relatert livskvalitet; Rand-36), måling av muskeltykkelse i låret, blodprøve, muskelprøve av lårmuskulaturen, 40 minutters sykkeltest til utmattelse, og avsluttes med CO-gjennpustingstest for å måle ulike blodvariabler.

Terskeløktene og HIT-øktene skal gjennomføres på din egen sykkel montert til sykkelrulle gjennom hele prosjektet. For oversikt over innholdet i henholdsvis terskelblokken og HIT-blokken, se Tabell 2

og 3. Før hver økt vil det bli gjennomført en standardisert oppvarmingsprotokoll. På den andre og siste treningsøkten i hver blokk vil oksygenopptaket ditt under dragene bli målt.

Tabell 2. Oversikt over innholdet i terskelblokken med mål for opplevd anstrengelse (Borgs skala, 6-20; 6 = hvile, 13 = «litt anstrengende», 15 = «anstrengende», 20 = «maksimalt anstrengende»).

	Øktens innhold	Intensitet under intervalldragene (Borgs skala)
1. dag	20 min progressiv oppvarming + 7 x 10 min intervall med 2,5 min pause mellom dragene + 5 min nedvarming	14-15
2. dag	20 min progressiv oppvarming + 6 x 12 min intervall med 3 min pause mellom dragene + 5 min nedvarming	14-15
3. dag	20 min progressiv oppvarming + 5 x 14 min intervall med 3,5 min pause mellom dragene + 5 min nedvarming	14-15
4. dag	Restitusjon/basistrening	-
5. dag	20 min progressiv oppvarming + 7 x 10 min intervall med 2,5 min pause mellom dragene + 5 min nedvarming	14-15
6. dag	20 min progressiv oppvarming + 5 x 14 min intervall med 3,5 min pause mellom dragene + 5 min nedvarming	14-15
7. dag	20 min progressiv oppvarming + 6 x 12 min intervall med 3 min pause mellom dragene + 5 min nedvarming	14-15
	<i>Total effektiv dragtid: 470 min = 7,8 timer</i>	
1. restitusjonsdag	Hviledag	-
2. restitusjonsdag	Hvile eller 20-40 min rolig løp/sykkel/langrenn	-
3. restitusjonsdag	0,5-1,5 time rolig sykling	-
4. restitusjonsdag	20 min lavintensiv trening + 3x5 min «terskel» + 1 min stigningsdrag HIT	-
5. restitusjonsdag	Hviledag	-
6. restitusjonsdag	20 min lavintensiv trening + 2x5 min «terskel» + 3x1 min stigningsdrag HIT	-
7. restitusjonsdag	Testdag (se «testdag 1» i Tabell 1)	-

Tabell 3. Oversikt over innholdet i den høyintensive bolken og mål for opplevd anstrengelse (Borgs skala, 6-20; 6 = hvile, 13 = «litt anstrengende», 15 = «anstrengende», 20 = «maksimalt anstrengende»).

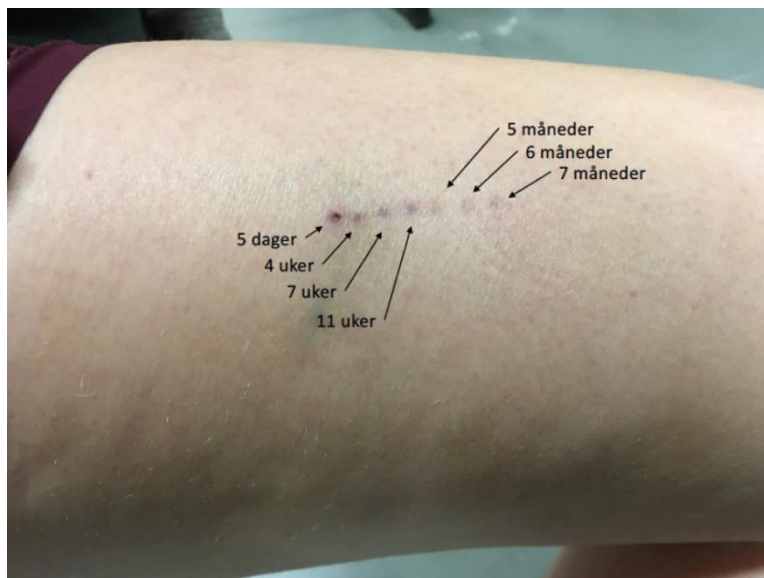
	Øktens innhold	Intensitet under intervalldragene (Borgs skala)
1. dag	20 min progressiv oppvarming + 3 x 9,5 min med 30/15-kortintervaller med 3 min pause mellom dragene + 5 min nedvarming	16-18
2. dag	20 min progressiv oppvarming + 3 x 9,5 min med 30/15-kortintervaller med 3 min pause mellom dragene + 5 min nedvarming	16-18
3. dag	20 min progressiv oppvarming + 3 x 9,5 min med 30/15-kortintervaller med 3 min pause mellom dragene + 5 min nedvarming	16-18
4. dag	Restitusjon/basistrening	
5. dag	20 min progressiv oppvarming + 3 x 9,5 min med 30/15-kortintervaller med 3 min pause mellom dragene + 5 min nedvarming	16-18
6. dag	20 min progressiv oppv; 3 x 9,5 min med 30/15 kortintervaller med 3 min pause mellom dragene + 5 min nedvarming	16-18
1. restitusjonsdag	Hviledag	-
2. restitusjonsdag	Hvile eller 20-40 min rolig løp/sykkel/langrenn	-
3. restitusjonsdag	0,5-1,5 time rolig sykling	-
4. restitusjonsdag	20 min lavintensiv trening + 3x5 min «terskel» + 1 min stigningsdrag HIT	-
5. restitusjonsdag	Hviledag	-
6. restitusjonsdag	20 min lavintensiv trening + 2x5 min «terskel» + 3x1 min stigningsdrag HIT	-
7. restitusjonsdag	Testdag (se «testdag 1» i Tabell 1)	-

Mulige fordeler og ulemper

Denne studien vil for deg som deltager tilføre kunnskap om hva slags effekter treningsblokker med MIT- og HIT-fokus vil gi. Erfaringene og resultatene du får med deg fra prosjektet er noe du kan dra nytte av i din videre trening.

Ulemper med å være med i denne studien er at du skal gjennomføre mye hardt fysisk arbeid. Enkelte av intervalløktene og de fysiske testene vil oppleves som svært fysisk anstrengende, og målingene av oksygenopptak underveis på noen av treningsøktene kan oppleves som ubehagelig. CO-gjenpustingstesten som benyttes for å måle blodvariablene kan også oppleves som ubehagelig for noen. Under disse målingene skal du puste inn en liten mengde karbonmonoksid, men denne mengden er så liten at den ikke anses som helseskadelig. Muskel- og blodprøven i prosjektet vil tas

av sertifisert personell ved bruk av prosedyrer som er veletablerte ved vårt testlaboratorium ved Høgskolen i Innlandet, campus Lillehammer. Muskelprøven tas med den svært skånsomme mikrobiopsimetoden. Noen synes likevel biopsier er ubehagelig. Man vil typisk bli litt støl i muskelen 1-2 dager i etterkant, først og fremst på grunn av små blødninger i muskulaturen. Inngrepet vil etterlate små arr. Disse forsvinner hos de fleste med tiden (se Figur 2). I svært få tilfeller vil biopsitaking føre til at følelsen i huden rundt biopsien forsvinner over en lengre periode. Biopsitaking er også forbundet med en viss infeksjonsfare. Risikoen for disse komplikasjonene er imidlertid svært liten ved bruk av prosedyrene som benyttes i dette prosjektet. Biopsiene tas fra lårmuskelen på utsiden av låret ca. midt mellom kneet og hoften. Vi setter først en dose lokalbedøvelse (samme variant som hos tannlegen) før vi steriliserer området. Selve biopsien tas med en nål med en diameter på 2,1 millimeter som føres inn i lårmuskelen. For å få nok vev må vi inn 2-3 ganger i samme hull. Du vil få klare instruksjoner om hvordan du skal behandle såret i etterkant av prøvetagningen. Blodprøven som skal tas er ikke forbundet med noen risiko. Studien vil også kunne oppleves relativt belastende da den vil være tidskrevende og styre mye av treningen din. Skulle det oppstå noen uforutsette hendelser kan du alltid kontakte prosjektleder Knut Sindre Mølmen på telefon: 94860805.



Figur 2. Typisk arrdannelse etter mikrobiopsitaking. De angitte tidspunktene indikerer tid siden biopsitaking.

Formålet med spørreskjemaene som inngår i studien er å undersøke om det er en sammenheng mellom hvor stor treningseffekt man oppnår i løpet av treningsblokkene og graden av stress eller helserelatert livskvalitet. Vi er imidlertid klar over at noen av spørsmålene i spørreskjemaene kan oppleves som personlig inngripende og derfor kan vekke negative reaksjoner hos enkelte. Spørsmålene kan også i noen tilfeller virke litt merkelige siden man kanskje ikke direkte ser en sammenheng med temaet for spørreskjemaet. Dersom spørsmålene oppleves ubehagelige, står du fritt til å ikke svare på dem. Dine svar på spørreskjemaene, som opplysningene vi ellers samler inn om deg i prosjektet, vil bli behandlet uten navn og aidentifisert (se avsnittet «Hva skjer med opplysningene om deg?»). Daglig leder i prosjektet (Ingvill Odden) vil være den eneste som er involvert i datainnsamlingen og -behandlingen av spørreskjemaene.

Vi leter i utgangspunktet ikke etter helseutfordringer. Skulle vi likevel oppdage noe som avviker fra det vi forventer og/eller gir oss mistanke om helseutfordringer vil det bli tatt initiativ til videre medisinsk oppfølging hvis du ønsker dette (hvis du har krysset av for dette på samtykkeskjemaet nederst i dette dokumentet). Du vil da bli kontaktet av autorisert helsepersonell ved Seksjon for Helse og Treningsfysiologi som ellers ikke er involvert i datainnsamlingen i dette prosjektet (fysioterapeut Anne Mette Rustaden, tlf: 61288023, e-post: anne.rustaden@inn.no). Denne personen vil veilede deg videre om hvordan du bør håndtere situasjonen. Samme person kan også

kontaktes av deg dersom det skulle dukke opp uheldige opplevelser i prosjektet som du ikke ønsker å dele med prosjektleder eller andre i prosjektgruppen.

Frivillig deltakelse og mulighet for å trekke ditt samtykke

Det er frivillig å delta i prosjektet. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg. Du kan også kreve dataene dine slettet så lenge de er identifiserbare i datamaterialet. Dersom du ønsker å trekke deg eller har spørsmål til prosjektet, kan du kontakte prosjektleder (se kontaktinformasjon på siste side).

Hva skjer med OPPLYSNINGENE om deg?

Opplysningene som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet under formålet med prosjektet, og planlegges brukt til og med 2027. Eventuelle utvidelser i bruk og oppbevaringstid kan kun skje etter godkjenning fra HINNs lokale etiske komité for forskning og andre relevante myndigheter, og må godkjennes av deg.

Du har rett til innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg og rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene som er registrert. Du har også rett til å få innsyn i sikkerhetstiltakene ved behandling av opplysningene. Alle data skal oppbevares på sikker server, Tjenester for sensitive data (TSD), ved Universitetet i Oslo som Høgskolen i Innlandet har databehandleravtale med. Du kan klage på behandlingen av dine opplysninger til Datatilsynet og institusjonen sitt personvernombud.

Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Det er bare medlemmer i prosjektgruppa som får tilgang på disse dataene. Navnet og kontaktopplysningene dine vil erstattes med en kode som lagres på egen navneliste adskilt fra øvrige data. Det er kun anonyme testresultater som publiseres, slik at du ikke vil kunne gjenkjennes i publikasjoner.

hva skjer med prøver som blir tatt av deg?

Muskelvevet og blodprøven som tas av deg skal oppbevares i en generell forskningsbiobank («Trainome - humane cellers tilpasning til trening og miljø», REK-id: 2013/2041) ved Høgskolen i Innlandet, campus Lillehammer eller Sykehuset Innlandet. Muskelvevet og blodprøven overføres til denne biobanken ved ditt samtykke (eget samtykkeskjema for dette). Ansvarlig for biobanken er professor Stian Ellefsen.

Forsikring

Som deltager i studien er du forsikret gjennom Høgskolen i Innlandets forsikring hos Gjensidige.

Godkjenninger

Etter ny personopplysningslov har behandlingsansvarlig Høgskolen i Innlandet og prosjektleder Knut Sindre Mølmen et selvstendig ansvar for å sikre at behandlingen av dine opplysninger har et lovlig grunnlag. Dette prosjektet har rettslige grunnlag i EUs personvernforordning artikkel 6 nr. 1a og artikkel 9 nr. 2a og ditt samtykke. Du har rett til å klage på behandlingen av dine opplysninger til Datatilsynet.

Vi behandler opplysningene basert på ditt samtykke.

KONTAKTOPPLYSNINGER

Dersom du har spørsmål til prosjektet eller ønsker å trekke deg fra deltagelse, kan du kontakte:
Prosjektleder: Knut Sindre Mølmen, telefon: 94860805, e-post: knut.sindre.molmen@inn.no
Daglig leder i prosjektet: Ingvill Odden, telefon: 94895112, e-post: ingvill.odden@inn.no
Prosjektmedarbeider: Bent Rønnestad, telefon: 95169656, e-post: bent.ronnestad@inn.no

Dersom du har spørsmål om personvernet i prosjektet, kan du kontakte personvernombudet ved institusjonen:

Høgskolen i Innlandets personvernombud:

<https://www.inn.no/omhoegskolen/personvern/personvernombud>

NSD – Norsk senter for forskningsdata AS: personvernombudet@nsd.no, telefon: 555 82 117.

Jeg samtykker til å delta i prosjektet og til at mine personopplysninger og miNE DATA brukes slik det er beskrevet

Sted og dato

Deltagers signatur

Deltagers navn med trykte bokstaver

Underskrift av foresatt (hvis deltager er under 18 år)

Jeg ønsker å få informasjon hvis undersøkelsene som gjøres avdekker ukjent sykdom eller andre forhold som bør følges opp av helsevesenet:

Ja Nei

