

**Endringer i aerob og anaerob kapasitet
på sykkel for to ulike grupper; en
pilotstudie.**

**Changes in aerobic and anaerobic
bicycle capacity for two different
groups; a pilot study.**

Kandidatnummer: 120

Bachelor i idrett og kroppsøving

Fakultet for lærarutdanning, kultur og idrett

Veileder: Morten Kristoffersen

Innleveringsdato: 31.05.2019

Antall ord: 7020

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, *jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 10.*

Innhold

Sammendrag	2
1.0 Innledning	2
2.0 Teori	5
2.1 Muskelfysiologi	7
2.2 Utholdenhet	8
VO_{2max}	9
2.3	9
3.0 Metode.....	11
3.1 Test 1 og 2	13
3.2 Treningsintervensjon.....	15
Forberedelse.....	17
3.3	17
3.4 Prosedyrer og design	17
4.0 Resultat.....	18
4.1 Gjennomført trening.....	18
4.2 VO_{2max}	19
4.3 6 sekunder spurt	19
4.4 30 sekunder spurt	19
5.0 Diskusjon.....	19
6.0 Konklusjon.....	21
7.0 Kilder	21

Sammendrag

Hensikt: «Off-season» for syklister er en periode med redusert treningsmengde og innslag av varierte anstrengelsesmetoder. Det primære målet for denne studien var å sammenligne to grupper med redusert treningsmengde, hvorav en gruppe kalt spurtgruppen, som opprettholdt en økt i uken med høy anstrengelsesfaktor i en intervensjonsperiode, og en kontrollgruppe, som kjørte en kontrollert økt med jevn intensitet.

Metode: Seksten godt trente syklister innenfor sykling (alder: 26 ± 6 år, VO_{2max} : 5309 ± 605 ml/kg) gjennomførte to spesifikke sykkeltester med en intervensjonsperiode på tre uker imellom. Kraftproduksjon og andre biometriske variabler ble notert og målt på fastslåtte punkter underveis på testen.

Resultat: Spurtgruppen sine resultater viste en marginal økning fra test 1 til test 2 på 30 sek supramaksimale intervaller, hvor kontrollgruppen viste en negativ utvikling med dette. VO_{2max} viste en stabilisering for kontrollgruppen, mens spurtgruppen viste en tilbakegang ved denne målingen. På 6 sek maksimal spurt fra sittende posisjon viste begge gruppene framgang.

Konklusjon: Intervalltrening i en aktiv hvileperiode bidro ikke til å skape store forskjeller blant de fysiologiske faktorene som ble notert under testen mellom spurtgruppen og kontrollgruppen.

1.0 Innledning

Høsten 2017 ble jeg kontaktet av Høgskolelektor Morten Kristoffersen som fortalte meg om et spennende prosjekt ledet av Nicki Winfield Almquist. Han er ansvarlig for de fysiologiske testene ved Høgskolen i Innlandet. Han hadde initiert et nytt prosjekt som skulle involvere syklister på tvers av landet. De trengte også deltagere og testere fra Vestlandet, med utgangspunkt i Bergen. Han så etter syklister som holdt et stabilt høyt nasjonalt nivå, og ville være villig til å delta på en rekke forskjellige type tester, samt sette av en lengre periode i Oktober til deltagelse. Foruten selve testingen og analysering av resultater har det gått en del

tid i planlegging. I løpet av prosjektperioden har det vært både frustrasjon og glede, men å oppnå gode resultater som både tester og test-subjekt har vært lærerikt og gitt mersmak. Sluttproduktet som presenteres her er et resultat av samarbeid på tvers av flere regioner av landet.

Tusen takk til alle de involverte som tok seg tid til å delta i dette prosjektet. Alle utøverne som tok seg tid i «off season» og i en ellers hektisk hverdag til å bidra med økt kunnskap rundt sykkelporten som en helhet. Andre personer jeg vil takke er Høgskolelektor Morten Kristoffersen, som foruten å få meg i kontakt med Nicki, også har stått på sidelinjen og bidratt med sin kompetanse til opplæring og oppfølging av måleinstrumenter og utstyr på laben. Foruten å bidra med sin erfaring fra laben og sitt profesjonelle nettverk, har Morten også delt av sin omfattende kunnskap innen sykkelporten, og især testing av idrettsutøvere.

Andre som fortjener ros og takk er Haakon Kvidaland, utdannet fysioterapeut fra Høgskolen ved Vestlandet, som med sitt sprudlende humør og høye kunnskapsnivå har bidratt på alle tester og diskusjoner rundt testresultatene. Jeg vil også rette en takk til Nicki Winfield Almquist, initiativtaker til hele prosjektet og testene jeg har brukt som utgangspunkt for denne oppgaven. Han har også vært tilgjengelig gjennom hele prosjektperioden for spørsmål relatert til det tekniske og faglige rundt resultatene.

For de fleste aktive landeveissyklister betyr Oktober en måned med suspensjon av tittelen «toppidrettsutøver». Utøverne benytter denne perioden til alternativ trening, samt tilpasning og planlegging av kommende sesong. En del av denne planleggingen legges til testlaboratorier, hvor man ved ulike metoder og tester kan kartlegge det nivå utøver hadde ved avsluttet sesong. Testing av utholdenhet gjennomføres ved kartlegging av utvalgte fysiske eller fysiologiske parametere under arbeid (Hem & Leirstein, 2013). Dette er viktig for å etablere de verdier en utøver har oppnådd i løpet av en lang sesong med trening og konkurranse. Disse testene brukes både som en motivasjonsfaktor, med tanke på hvilket nivå man hadde opparbeidet ved sesongslutt, og hva man skal overgå gjennom en intensiv treningsperiode fram mot neste sesong. Gjennomføring av disse testene kan være omfattende, ettersom sykling er en idrett basert på mange ulike parametere og variabler med ulik påvirkningsgrad på ytelsen. «Landeveissykling er en utholdenhetsport med konkurranser som typisk varer i mange timer» (Coyle, 1999; Faria, Parker, & Faria, 2005; Jeukendrup, Craig, & Hawley, 2000; Padilla, Mujika, Orbananos, & Angulo, 2000).

I denne studien er det tatt utgangspunkt i en standardisert test med opphav fra Høgskolen ved Innlandet, som har til hensikt å kartlegge en eller flere av følgende utholdenhets-spesifikke egenskaper; maksimalt oksygenopptak (VO_{2max}), maksimal hjertefrekvens (HF_{maks}) og testing av laktattoleranse ved ulike submaksimale belastninger (laktatprofiltest) (Hem & Leirstein, 2013). Testen ble gjennomført to ganger. Test 1 umiddelbart etter avsluttet konkurransesesong, og test 2 tre uker senere, etter en periode med redusert treningsinnhold som i teorien skal gi nedsatt prestasjonsevne. Utøverne som deltok på testen ble inndelt to grupper.

- 1) Kontrollgruppe: Gruppe som gjennomfører en ukentlig økt med konstant langkjøring i 1,5 time.
- 2) Spurtgruppe: Gruppe som gjennomfører en langkjørings-økt tilsvarende kontrollgruppen, men med 9 innlagte spurter med 30 sek varighet.

Denne oppgaven har undersøkt endring i effekten av de maksimale anstrengelsesfaktorene fra test 1 til test 2, definert som 6 sek sprint, 30 sek sprint og VO_{2max} . I tillegg er det undersøkt hvorvidt spurtgruppe deltagerne har økt sine anaerobe og aerobe verdier med en reduksjon i treningsmengde og innhold kontra kontrollgruppen. Etersom alle utøvere har sine individuelle planer for hvordan «off-season» bør gjennomføres, er dette et teoretisk aspekt ved sykkelsporten med lite fagdybde. Gjennom testene utført i dette prosjektet får man innsikt i hvordan effekt og responderingsevne til den individuelle utøver er gjennom en aktiv avkoblingsperiode med spesifikke mengder treningsfokus.

2.0 Teori

Landeveissykling er en av de mest krevende utholdenhetsidrettene hvor det stilles store krav til både fysiske og psykologiske faktorer. Konkurransetid kan variere fra noen minutter i en prolog til opp mot 7,5 time i en fellesstart. I tillegg gjennomføres det gjerne flere ritt over flere dager og uker. Selv om landeveissykling betegnes som en utholdenhetsidrett stilles det også store krav til anaerob kapasitet, sprintferdigheter og taktiske evner. Et eksempel er Tour de France som er et tre uker langt etapperitt hvor ryttere med fokus på utholdenhet, beslutsomhet og individuell tempo-styrke skaper gode resultater (Burke, 2002, s. 1).

I landeveisritt varierer distansen fra 60 km til rundt 160 km for amatører, og 200-270 km for de profesjonelle. I flere av sykkelrittene blir resultatet avgjort i en massespurt, hvor flere av lagene starter allerede 30 km før mål med posisjonering for sin spurter, og øker hastigheten for å motvirke angrepsforsøk. Det er ikke uvanlig at hastigheter over 60 km/t blir nådd før de siste kilometerne, og rytterne venter fortsatt på å spurte (Burke, 2002, s. 16).

Under trening og konkurranse tilbringer utøverne en betydelig del av tiden med lav hjertefrekvens (intensitets-sone I). I denne sonen har kroppen tilstrekkelig mengde med oksygen til stede for å bryte ned glukose og druesukker som omdannes til CO₂ og H₂O og frigjør rundt 95% av energien i glukosemolekylet. Dette er en aerob energifrigjøring som er helt avhengig av oksygen (Dahl, 2005, s.57). Ved mer intensive deler av konkurransen og treningen må rytterne tåle hurtige akselerasjoner og fartsøkninger. Dette tvinger kroppen til å frigjøre energi raskt med lav, eller uten, tilførsel på oksygen som er en anaerob energifrigjøring (Dahl, 2005, s. 57).

Mot mål i et sykkelritt står spurterne for prestasjonen. Miguel Indurain, en 5-ganger-vinner av Tour de France, uttalte sin mening angående spurterne sine utfordringer. «Dette er utøvere som lider mye underveis bare for å komme seg til mål, og klamrer seg fast til feltet over fjellene, men på de siste kilometerne skjer det en endring i både tankesett og fokus. Å se slik lidelse gjennom løpet bare for å transformeres inn mot finalen er spektakulært og fascinerende» (Burke, 2002, s. 20).

I en artikkel skrevet av Paul B. Laursen og David G. Jenkins, ble det forsket på om forbedring av utholdenhetsprestasjoner kun er mulig å oppnå gjennom høyintensitetsintervalltrening for toppidrettsutøvere. De argumenterte for at forskning rundt stillesittende og rekreasjonsaktive grupper gjennom utholdenhets trening og dens resultater er godt dokumentert (Norris & Petersen, 1998). Å tilrettelegge og forberede toppidrettsutøvere sin treningsmengde er mer uklart grunnet deltakerkravene til prosjekter, hvor toppidrettsutøvere har vanskeligheter for å avse en lengre periode med tilpasset trening. Toppidrettsutøvere har allerede høy aerob kapasitet, god arbeidsøkonomi og høy laktattoleranse som etterlater få områder som kan gi utslag. I denne artikkelen ble det henvist til andre prosjekter hvor høyintensitetsintervaller i utrente grupper viser større framgang enn kontinuerlig aktivisering (Foster et. al., 2015). I en artikkel publisert av Lake and Cavanagh (Laursen & Jenkins, 2002, s. 63) undersøkte de effekten på ulike biomekaniske variabler på moderat trente løpere over en periode på seks uker med høyintensitetsintervaller. De fant ingen sammenheng mellom endringer i ytelse, VO_{2max} , løpsøkonomi og biomekaniske variabler. Det ble konkludert med at forbedringer på ytelsen som følge av høyintensitetsintervaller var mer sannsynlig forårsaket av fysiologiske snarere enn biomekaniske faktorer (Laursen & Jenkins, 2002, s. 63).

I en studie ledet av Stepto, med Hawley & Dennis (Laursen og Jenkins s. 66), forsøkte de å undersøke varierende høyintensitetsintervalltreninger for optimalisering av treningsøkter på toppidrettsutøvere. De gjennomførte fem forskjellige programmer over to økter, i en periode på tre uker, for ytelsesforberedinger i tjue utholdenhetstrente syklister. Resultatene viste at framgangen på 40 km individuell tempo og den maksimale effektutgangen kom fra to markant forskjellige høyintensitetsintervallprogram. Ett av programmene som gav utslag var et standardprogram med aerobe intervaller (8x4 min på 85% P_{peak} (maksimal effekt), 90 sekund restitusjon) som tidligere har vist å forberede utholdenhetsopptreden (Weston et al., 1997; Westgarth et. al., 1997; Stepto et al., 1998; Lindsay et. al., 1996). En sammenlignbar forberedning i ytelse kunne observeres fra intermitterende (periodisert), maksimal innsats intervaller (12x30 sek ved 175% P_{peak} , 4,5 min restitusjon). Det oppsiktsvekkende her var at disse VO_{2max} intervallene forbedret en 40-km individuell tempotest. Videre har det senere blitt gjennomført tester på definerte spurtøkter som har gitt en markant økning i aerobisk kapasitet etter seks økter selv om VO_{2max} forble uendret (Burgomaster, Hughes, Heigenhauser, Bradwell & Gibala, 2005, s. 1989). De tre andre høyintensitetsintervallprogrammene klarte ikke å forberede ytelseevnen (Laursen & Jenkins, 2002, s. 62, Table II).

Videre i artikkelen fra *High-intensity cycle interval training improves cycling and running performance in triathletes*, skrevet av Naroa Etxebarria, Judith M. Anson, David B. Pyne & Richard A. Ferguson, kunne man observere tilsvarende resultater. Her ble det forsket på moderat trenede utøvere hvor effekten og forskjellen på korte og lange høyintensitetsintervaller skapte noen fysiologiske endringer. Dette ble gjennomført over en periode på tre uker hvor eneste endring i den normale treningshverdagen var intervalløktene. Resultatene fra forskningen viste at både korte og lange høyintensitetsintervaller gav vesentlig forbedring i utvalgte fysiologiske og ytelsesmålinger innenfor deler av triatlonsporten. Eksempler er gjentatte spurter og den spesifikke sykkel delen av sporten. Det ble også målt en liten forbedring i VO_{2max} i begge grupper samt en økning i den maksimale effektutgangen. Disse resultatene underbygger påstanden om at høyintensitetsintervaller i en intervensjonsperiode skal ha en positiv effekt på de maksimale kraftanstrengelsesdelene, sammenlignet med kontinuerlig gjennomkjøring.

2.1 Muskelfysiologi

Når en muskel aktiveres rekrutteres nervesystemet, som kontrollerer og behandler signalene som kroppen sender ut, og formidler beskjeden om hvordan denne muskelen skal gjennomføre en gitt bevegelse. I løpet av dette definerte tidsrommet rekrutterer nervesystemet så mange motorenheter den kan for å maksimere kraft – og power-output. Musklene, som er bygget opp av ulike typer fiber, disponeres i to ulike kategorier basert på deres twitchkontraksjon, eller rykning (Dahl, 2005, s. 156).

- Type I fibre: slow twitch fiber (ST-fiber), og aerobt (Dahl, 2005, s. 157). De langsomme muskelfibrene er utholdende og har stor evne til oksidativ fosforylering. Dette er siste prosess hvor karbohydrater, fett og proteiner blir brutt ned til enklere forbindelser, eksempelvis CO_2 og H_2O , som igjen bidrar til å danne ATP (Adenosintrifosfat) (Sand, Sjaastad, Haug & Bjålie, 2006, s. 246). De mest markerte forskjellene mellom fibertypene har sammenheng med rekrutteringsmønsteret for de motoriske enhetene i en muskel. De langsomme fibrene tilhørere små motoriske enheter som er blant de første som rekrutteres under muskelkontraksjoner. Aktiviteten til disse fibrene dominerer ved moderat arbeid (Sand et. al, 2005, s. 246).
- Type IIA fibre: fast twitch fiber (FT-fiber), og har raskere kraftutvikling (Dahl, 2005, s. 157). De raske fibrene inngår i store motoriske enheter, som er blant de siste som rekrutteres. Aktiviteten til disse fibrene dominerer ved kraftig kortvarig arbeid, og i tråd med dette er evnen til å produsere ATP ved glykolyse ikke avhengig av oksygen for å oppstå (Sand et. al, 2005, s. 246).

2.2 Utholdenhet

Gjennom oppgaven er det gitt et innblikk i forholdene som en landeveissyklist blir utsatt for både under og etter endt sesong. For å tåle påkjenningen av all konkurranse og trening må utøverne ha en solid utholdenhetsbase. «Building my endurance base by putting in the miles was one of the first things I learned in my cycling career; that set the basis for my continued development in the sport» (Burke, 2002, s. 4).

Kondisjon er den aerobe utholdenheten hvor kroppen har evnen til å kunne gjennomføre langvarig arbeid med forholdsvis høy intensitet (Ekker, Slapgaard, Bolle, 2018). Gjennom inn-pust av oksygen i luften rundt oss vil kroppen besørge kontinuerlig tilførsel av oksygen til

musklene. Dette omtales som aerob energioverføring (Ekker et.al., 2018 avsn. 1). Den aerobe kapasiteten til en sykkelutøver er fremtredende grunnet tid i konkurranser og aktivitet som sammenlignet med andre idretter, er lang. I idretter som løping, sykling og langrenn, hvor store muskelgrupper aktiveres og aktiviteten varer mer enn 30 minutter, vil minst 95 % av energien komme fra aerob energiomsetning (Åstrand et al., 2003). Ved lengre varighet av konkurransen vil den aerobe energiomsetningen ha større betydning.

Under aktivitet både innendørs og utendørs må utøverne tåle korte, intensive akselerasjoner i hastighet, kraft og puls. Når kroppen passerer det aerobe kapasitetsområdet vil ikke produksjon og eliminasjon av laktat være i likevekt (Åstrand et al., 2003). Laktat, også kalt melkesyre, dannes kontinuerlig i kroppen ved nedbrytning av glukose, men kroppen klarer å bryte dette ned så lenge man holder seg i de aerobe sonene med kontinuerlig tilgang på oksygen. Ved overgang til den anaerobe sonen, hvor likevekts- og produksjonselimineringen ikke er i balanse, klarer ikke kroppen å ta opp nok oksygen. Kroppen vil ikke klare å ta opp nok energi til musklene, noe som igjen leder til utmattelse. I testene som ble gjennomført i dette prosjektet var det mulig å identifisere overgangen imellom den aerobe- og anaerobe sonen, og da oppdage hvor mye kroppen tåler i den anaerobe sonen.

Testen som utøverne skulle gjennomføre i dette prosjektet hadde innslag av intervaller med variasjon i kraft og tidsintervall i disponerte øyeblikk. Innslagene av de maksimalt utmattende sekvensene, som denne oppgaven er fokusert rundt, tar utgangspunkt i Wingate testen.

«The Wingate anaerobic test is the most extensively used test for assessing human muscle capacity to generate power from anaerobic energy systems. This test, which consists of a 30-second all-out cycling exercise on a cycle ergometer, is also used for evaluating physiological responses such as lactate concentration and heart rate in all-out exercises» (Dotan et al., 1983, s. 409-417). Primærfunksjonen til Wingate-testen er hovedsakelig en maksimal effektutgangstestprotokoll ved hjelp av lite sofistikert utstyr og kort varighet. I dette prosjektet ble testen bygget rundt denne formelen. Utøverne sitt fokus skulle være på de maksimalt utmattende sekvensene eller intervallene.

2.3 VO_{2max}

I de maksimalt utmattende sekvensene (seks- og tretti sekunders intervall og VO_{2maks}) ble maksimalkraft i et tråkk og gjennomsnittlig kraft av hele intervallet registrert. Andre parametere som ble registrert var kadens, tid opp til maksimal kraft, verdifallet fra laveste til

høyeste verdi, og anaerobe kapasitet. Sistnevnte ble målt ved bruk av et datastyrt metabolsk system med et miksekammer (Oxycon Pro, Erich Jaeger GmbH, Hoechberg, Germany) som tallfester det maksimale oksygenopptaket [VO_{2maks}]. «In the exercising human, maximal oxygen uptake (VO_{2max}) is limited by the ability of the cardiorespiratory system to deliver oxygen to the exercising muscles» (Basset & Howley, 2000). «Nonetheless, VO_{2max} measurement remains recommended for the purpose of evaluating and selecting elite cyclists and as a prerequisite to perform at a high level» (MacDougall, Wenger, Green, 1991). VO_{2max} er en av faktorene som gir en indikasjon på formen til en utøver. Observering av deklinasjonen hos de individuelle utøverne i prosjektet er da interessant siden en av gruppene trener med anaerobt fokus i mellomperioden. Høy VO_{2maks} er en forutsetning for å oppnå gode prestasjoner i utholdenhetsidretter, men høy VO_{2maks} er ikke nødvendigvis avgjørende for suksess (Conley & Krahenbuhl, 1980). Andre faktorer som spiller inn er den individuelle utnyttingsgraden til utøveren. Utnyttingsgraden sier noe om hvor stor prosentdel av VO_{2maks} utøveren klarer å nyttiggjøre seg under et langvarig arbeid på en gitt intensitet (fart) (Basset & Howley, 2000).

I prosjektet var den anaerobe kapasiteten til utøverne sentral. Den anaerobe kapasitet har størst betydning for prestasjonen i konkurranser som varer 2 minutter og mindre (Åstrand et al., 2003). «The term Anaerobic Threshold (AnT) was introduced by Wasser-man and McIlroy, and it is defined as the strength intensity anterior to the exponential increase factor of the blood lactate compared to the resting levels» (Okano et al., 2006, s. 1). Trening som blir gjennomført opp mot terskellaktat er den mest effektive måten å fremkalle en forskyvning i laktatkurven mot høyre (Burke, 2002, s. 29). Dette forbereder den anaerobe kapasiteten gjennom laktattoleranse, og utholdenheten.

«These results seem to indicate that only training program at the intensity of LTP (Lactate Turn Point) produces an increase in both aerobic-anaerobic transition characterizing variables (AeT (Aerobic Treshold) and LTP) while the training at the AeT intensity does not cause any changes of these thresholds in moderately trained runners» (STASIULIS, ANČLAUSKAS & JAŠČANIN, 2000, s. 17). «Sprint interval training (SIT) involving repeated 30-s “all out” efforts have resulted in significantly performance» (Gist, Fedewa, Dishman & Cureton, 2013, s. 1). I studier hvor utøverne har gjennomført gjentagende anaerobe Wingate tester har gitt positive resultater på kapasitet og laktattoleranse.

I sykkelporten er spurtprestasjoner avgjørende for suksess innenfor olympisk- og verdensmesterskapskonkurranser (Martin, Davidson & Pardyjak, 2007, s. 5). Flere studier har vist til økte verdier i VO_{2max} etter 14-24 spurtintervalløkter utført over 2-8 uker (Dawson et al, 1998; Gorostiaga et al, 1991; MacDougall et al, 1998; McKenna et al, 1997). Forsking på optimalisering av høyintensitetsintervallsprogram for syklister har vist at repeterende økter med maksimalt anstrengende spurter kan være like effektive som mer tradisjonelle høyintensitetsintervallprogram for å framvise forberedninger i utholdenhetsytelse (Laursen & Jenkins, 2002, s. 54). Ifølge en studie (Gist et al., 2013, s. 9) viste spurtintervalltrening seg som et like effektivt alternativ som kontinuerlig utholdenhetstrening med moderat til sterk intensitet. Aktivitetsvolumet og den potensielle reduksjonen i tidsforpliktelse til standard mengdetrening ble også sett på som fordelaktig.

I konkurransesykling avgjør ofte spurt resultatet, men i dette prosjektet ble spurten brukt som et aktiveringsdrag imellom laktat- og VO_{2max} test. Direkte etter endt laktattest i prosjektet syklet utøverne 4,5 minutter med lav til ingen motstand fra testsykel før de utførte en maksimal seks sekunders sittende all-out sprint med start fra en sentral posisjon. Med sentral posisjon menes at høyre fot og krankarm står i 45 graders vinkel relativt til gulvet. I boken til Edmund R. Burke, *Serious Cycling*, diskuterer han det genetiske aspektet hvor noen ryttere har et overskudd av type II fibre som skaper raskere kraftutvikling. Disse rytterne har størst sjanse for å prestere i den avgjørende fasen i et sykkelritt (2002, s. 259). Kraftvariasjoner i sykkelporten oppstår gjennom kontinuerlige akselerasjoner og retardasjoner og derfor vil tekniske løyper med dynamiske løpstaktikker favorisere slike hurtige ryttere (Etxebarria et al., 2013, s. 1). Spurten utført i dette prosjektet illustrerer et akselerasjonsdrag fra null, hvor en rask økning til maksimal kraftanstrengelse er integral for et godt resultat.

3.0 Metode

Seksten godt trente syklister gav deres skriftlige, informerte samtykke om å delta i prosjektet. Deltagere var spredt over fire forskjellige byer; Bergen, Trondheim, Kristiansand og Lillehammer. Visse kriterier måtte oppfylles for å være kvalifisert for deltakelse:

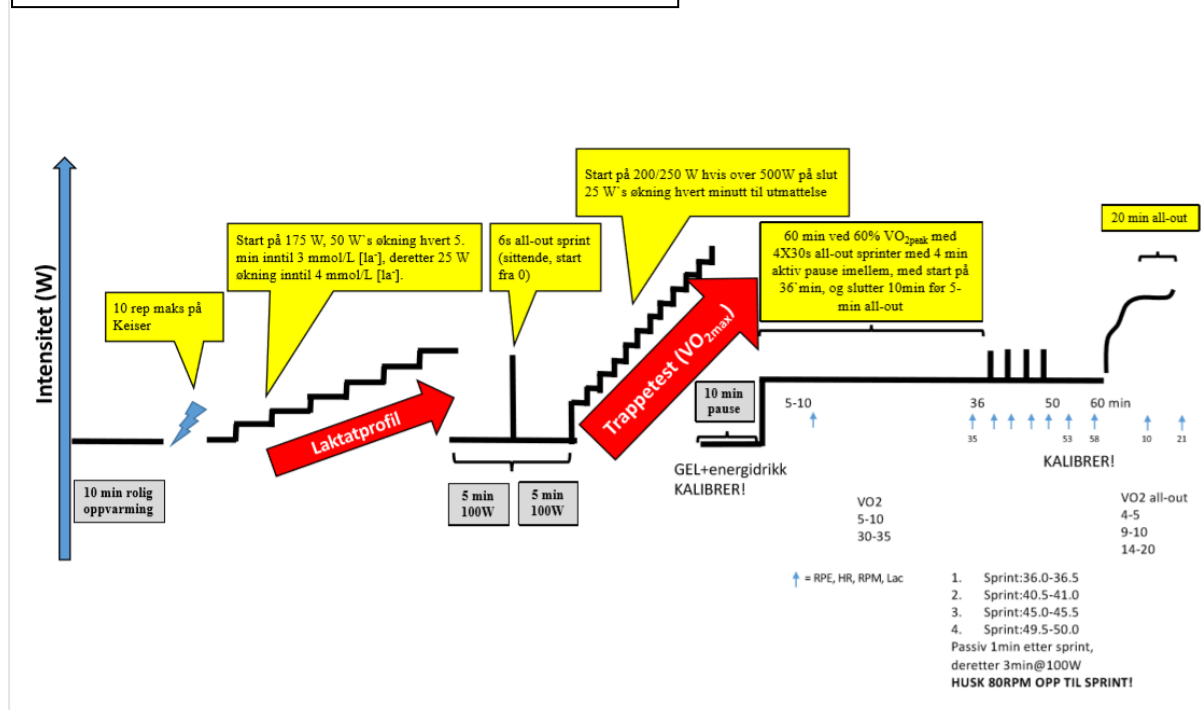
- (1) Utøver må være i alderen 18-40 år.
- (2) Sykling må være utøvers utholdenhetsidrett med i snitt over 13 treningstimer per uke.

(3) Jevnlig deltakelse i Norgescup.

(4) Maksimalt oksygenopptak må være rundt $70 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

Studien var initiert og ledet av Høgskolen i Innlandet (Lillehammer) i samarbeid med Olympiatoppen, NTNU, Høgskulen på Vestlandet (Bergen), Universitet i Agder og Norges Cykleforbund.

Bilde 1: Test 1 og test 2



Prosjektet ble gjennomført med et crossover design. 24-48 timer før Test 1 skulle utøverne gjennomføre to individuelle økter under kontrollerte omstendigheter. Første økt 48 timer før test var 60 min med lav intensitet på egen sykkel. Økt to 24 timer før test var også 60 min med lav intensitet, men med 4x30 sek innlagte maksimale spurter.

Under Test 1 fullførte alle utøverne testen som er beskrevet på bildet over. Hjerterytme, tråkkfrekvens, kraft, laktat, VO_2 og Borgs skala ble målt og notert under spesifikke punkter underveis i testen. Borgs skala, eller «Rating of Percieved exertion (RPE) is a widely used and reliable indicator to monitor and guide exercise intensity. The scale allows individuals to subjectively rate their level of exertion during exercise or exercise testing» (American College of Sports medicine, 2010). Under testene i prosjektet ble den originale Borgs skala brukt. Den

har en 6 til 20 skalering hvor 6 er ekstremt lett og treningsbelastning minimal og 20 er full utmattelse (Heartonline, 2014, 2. avsn.). Biometriske variabler ble målt før gjennomførelse av testene på en Inbody maskin (inbody720, Biospace CO, Seoul, Korea). Etter gjennomførelse av Test 1 ble utøverne fordelt, etter anbefalinger fra testlederne, i to ulike grupper (kontrollgruppe og spurtgruppe). All trening utført av deltagere mellom Test 1 og 2 ble loggført via sykkelcomputer i online treningsdagbok (TrainingPeaks (Peaksware LLC, 1999, United States of America)). Etter tre uker med kontrollert trening gjentok utøverne samme forberedelse som før Test 1 med tilnærmede like forhold og tidsrom på døgnet (± 1 time) for hver person.

3.1 Test 1 og 2

I de fire siste uker før Test 1 ble all trening loggført via online treningsdagbok (TrainingPeaks (Peaksware LLC, 1999, United States of America)) som da skulle bedømme reduseringen i treningsmengde for den aktive intervensjonsperioden for hver utøver. På dag for første test ble utøver bedt om først å fylle ut samtykke- og spørreskjema, og deretter skifte til sykkelstøy. Utøvers vekt ble registrert iført kun sykkelshorts. Etter innstilling av testsykkelen (Lode Excalibur Sport, Groningen, Netherlands), gjennomførte utøver en 10 min oppvarming på 175 ± 25 watt. I tillegg til testsykkel sin integrerte watt måling ble det også benyttet wattpedaler (Garmin Vector 3, Kansas, United States of America) slik at wattverdier ble registrert i utøvers sykkelcomputer. Etter oppvarming ble utøveren geleidet til en 1RM+10rep maks på ett Keiser leggpress apparat (Keiser air 300 leg press, California, United States of America), før 10 min med lett spinn på testsykkel med 150 watt belastning. Etter avsluttet oppvarming skulle utøveren gjennomføre en laktattoleranse- (LT) og VO_{2max} test. LT ble gjennomført som 5- min sub-maksimale trinn på Lode testsykkel. Testen startet på 175 watt belastning med 50 watt økning hvert 5 min inntil $3 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ kapillært blod laktat konsentrasjon $[\text{La}^-]$. Deretter ble belastning økt med 25 watt inntil $4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ kapillært blod laktat konsentrasjon $[\text{La}^-]$. Mellom 2,5 og 4,5 minutt på hvert belastningstrinn ble utåndet luft fra utøver samlet og analysert ved å benytte et datastyrt metabolsk system med blandekammer (Oxycon Pro, Erich Jaeger GmbH, Hoechberg, Germany). Oxycon Pro ble kalibrert før hver test med sertifiserte kalibreringsgasser med kjente konsentrasjoner og en 3-L kalibreringsprøyte (CareFusion, Hoechberg, Germany). Hjerterefrekvens (HF) ble registrert via pulsbelte (Garmin Edge1030, Kansas, United States of America) under siste 15 sek på hver belastning. I tillegg ble fingertupp blodprøve innhentet etter 4,5 min på hver belastning for

analyse av laktat [La^{-1}] (Biosen S-line, EKF diagnostics, Germany). Alle data ble fortløpende registrert i et Excel-dokument (Microsoft, Washington, United States of America).

Etter LT testen gjennomførte utøverne en fem minutters lavintensitets økt for å få løst opp beina. Deretter fikk utøver beskjed om å stille beina i sentrert posisjon, det vil si med høyre fot i 45 graders vinkel relativt til gulvet, for å illustrere et starttråkk på sykkel. Utøver skulle da gjennomføre en maksimal seks sekunders all-out sprint i sittende posisjon. Her ble maksimal watt og tråkkfrekvens (Garmin Vector 3, Kansas, United States of America) registrert.

Etter fem minutters aktiv pause på valgfri motstand, skulle utøveren gjennomføre en kontinuerlig, inkrementelt ergometers test til fullstendig utmattelse definert som. Start belastning ble bestemt basert på utøvers egen vurdering av individuell maksimal motstandswatt. Ramme og krav for $\text{VO}_{2\text{max}}$ test var bestemt på forhånd; en test på åtte til tolv minutter der utøver fikk velge 200 W eller 250 W som start belastning. Det ble en trinnvis økning på 25 W hvert minutt, og HF ble målt kontinuerlig gjennom hele testen. VO_2 , VE og VCO_2 ble også målt kontinuerlig ved bruk av et blandekammer og munnstykke. Aerob belastning [watt] og O_2 ble definert som den høyeste målte konsentrasjonen i løpet av et sekund.

Etter avsluttet $\text{VO}_{2\text{max}}$ test fikk utøver en periode på ca 10 minutter med null til lav belastning. Deretter skulle utøver kjøre i 60 min på konstant belastning tilsvarende 60% $\text{VO}_{2\text{max}}$ watt, med periodiserte innslag av spurter og måling av VO_2 . I spesifikke øyeblikk underveis ble Borg, HR, tråkkfrekvens (TF) og [La^{-1}] registrert.

Belastning tilsvarende 60% $\text{VO}_{2\text{max}}$ watt ble kalkulert i henhold til følgende formel:

$$\text{Formel } 60\% \text{VO}_2 \text{ Watt} = \frac{(60\% \text{VO}_{2\text{max}} - \text{skjæringspunkt } (\text{VO}_2))}{\text{Stigningstall (Watt)}}$$

Verdiene benyttet i formel baserer seg på de målinger som lå rundt 60% av $\text{VO}_{2\text{max}}$ målt under LT testen. For korrekt kalkulasjon ble høyeste målte $\text{VO}_{2\text{max}}$ verdi siste 60 sek multiplisert med 60%. Etter å ha funnet tallene for stigning – og skjæringspunktet tok man 60% $\text{VO}_{2\text{max}}$ og subtraherte med skjæringspunkt VO_2 og dividerte med stigningstallet watt, og fikk en nøyaktig beregning.

Etter 35,5 min med kontinuerlig belastning tilsvarende 60% VO_{2max} skulle utøver gjennomføre 4x30 sek anaerobe spurter til fullstendig utmattelse med 4 min lavintensitetssykling imellom. Etter denne perioden var det tilbake til kontinuerlig belastning tilsvarende 60% VO_{2max} til 60 min var gjennomført.

Deretter var det direkte videre til testens siste del, en 20 min all-out test til fysisk utmattelse. Her ble belastning bestemt og regulert av utøveren selv gjennom hele testen. I likhet med timesdelen som utøverne gjennomførte, ble HR, Borg, $[La^-]$ og tråkkfrekvens (TF) registrert på spesifikke tidspunkt underveis i testen, samt VO_2 måling.

3.2 Treningsintervensjon

I de tre ukene mellom Test 1 og Test 2 ble utøverne inndelt i to ulike grupper (kontroll- og spurtgruppe) basert på deduktiv resonnering fra den individuelle testleder for hver region. Argumentet for denne fordelingen kom på bakgrunn av den enkelte utøvers kapasiteter og fokusområde. Ettersom hver syklist har sine spesialiteter som de fokuserer på ville det i dette prosjektet være interessant å se styrkene og svakhetene til den enkelte, og dermed distribuere ulike ryttertyper i de forskjellige gruppene. Etter fordelingen fikk deltakerne instruksjon om reduksjon i treningsmengde som skulle tilsvare 40% av konkurransesesong. Dette ble målt og loggført gjennom september måned. Treningen ble kvantifisert og beregnet gjennom et treningsmåleapparat som kalkulerte training Impulse, kalt *iTRIMP* (Manzi, 2009, Italy). «Using this method, the **TRIMP** weighting is based on the individual's own heart rate–blood lactate response to incremental exercise, as measured during a standard **lactate threshold** test protocol» (trainingimpulse [TI], 2012, 2. Avsn.). Gjennom denne kalkuleringen av treningsmengde basert på resultatene fra Test 1 og mengde trent i september fikk hver utøver en personlig mengde «*iTRIMP*» som skulle oppnås hver uke.

Denne formelen ser da slik ut: $iTRIMP = Time * \Delta HR * y$ (Manzi, Iellamo, Impellizzeri, D'Ottavio, Castagna, 2009, s. 2093).

Hvor «Time», er tid fra vi begynner til vi stanser økten, og ΔHR er $\frac{HR_{exercise} - HR_{rest}}{HR_{maximal} - HR_{rest}}$, og y er basert på den eksponentielle stigningen av blodets laktatnivå med den brøkdelt økningen av trening over HR_{rest} . Denne mengden med «*iTRIMP*» ble fulgt opp av den lokale testlederen, som skulle registrere alle gjennomførte økter i et Excel-dokument (Microsoft, Washington, United States of America).

I løpet av de tre ukene mellom Test 1 og 2, hvor treningen skulle foregå på lav intensitet, skulle utøverne også delta på en kontroll økt i uken med følgende inndelingen:

Kontrollgruppe:

En konstant langkjørings-økt på 1,5 time

Spurtgruppe:

En konstant langkjørings-økt på 1,5 time (identisk til kontrollgruppe), men med 9x30 sek innlagte maksimale spurter

Den konstante langkjørings-økten for kontrollgruppen hadde en protokoll på 90 min hvor utøver kjørte 60% VO_{2maks} W som kalkulert under Test 1. Ingenting ble notert fortløpende gjennom økten, men all informasjon angående puls ble registrert via sykkelcomputer i Trainingpeaks (Peakware LLC, 1999, United States of America). Spurtgruppen skulle gjennomføre en annen protokoll, hvor fokuset var på 30 sek høyintensitetsspurter til full utmattelse. De startet med 20 min oppvarming på 60% VO_{2maks} W (som kalkulert under Test 1) før man begynte på tre sett med tre spurter på 30 sek. Mellom hvert sett var det 9,5 min med 60% VO_{2maks} W, før 30 sek med senket kadens som forberedelse til maksimal innsats på spurtene. Etter hver av de tre spurtene skulle utøver stoppe helt i ett minutt, deretter kjøre 3 min på lavintensitetsmotstand før neste spurt.. Total utførelse på denne økten var 90 min, og underveis ble laktat [La^-] notert 3 min etter hver sekvens. All data ble senere lastet opp på Trainingpeaks, samt informasjon angående maksimalkraft og gjennomsnittskraft fra testsykkelen (Lode Excalibur Sport, Groningen, Netherlands).

Bilde 2: Spurtprotokollen

		From	To
		min	
	Warm up at 60% VO ₂ max	0	20
1.set	1.sprint	20	20.5
	2.sprint	24.5	25
	3.sprint	29	29.5
	Start of 60% VO ₂ max	33.5	43.5
2.set	4.sprint	43.5	44
	5.sprint	48	48.5
	6.sprint	52.5	53
	Start of 60% VO ₂ max	57	67
3.set	7.sprint	67	67.5
	8.sprint	71.5	72
	9.sprint	76	76.5
	Start of 60% VO ₂ max	80.5	90

3.3 Forberedelse

Alle utøverne har erfaring med intensive spurter fra daglig trening og har tidligere utført både laktat- og VO₂max test på Lode testsykkel (Lode Excalibur Sport, Groningen, Netherlands).

3.4 Prosedyrer og design

Alle utøverne ble instruert gjennom samtaler og informasjonsskriv om å avstå fra anstrengende styrke- og intensivtrening i siste 48 timer før Test 1 og 2. I forkant av begge testdagene ankom utøverne testlaben rundt samme tid. Deltakerne var instruert om å bruke samme diett før testen for å gjenskape like forhold under Test 1 og 2. Testene ble gjennomført i samme tidsrom ± 1 time.

4.0 Resultat

4.1 Gjennomført trening

Fra pre til posttest hadde spurtgruppen gjennomført 19% mer trening sammenlignet med kontrollgruppen (976 ± 347 iTrimp vs. 792 ± 347 iTrimp). Denne mengde trening ble kalkulert og beregnet ut ifra 4 uker med lead in training til Test 1, så mengden ble individuelt tilpasset til den enkelte.

Tabell 1: Gjennomsnitt og standardavvik av resultatene for utøverne.

	Spurtgruppe		Kontrollgruppe	
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
Vo2max (ml/kg/min)	5396 ± 678	5278 ± 537	5222 ± 531	5236 ± 570
6 sek (W)	1076 ± 271	1083 ± 254	1036 ± 95	1099 ± 77
30 sek 1 (W)	681 ± 104	697 ± 90	746 ± 64	720 ± 66
30 sek 2 (W)	665 ± 90	687 ± 92	719 ± 67	694 ± 68
30 sek 3 (W)	641 ± 87	676 ± 74	679 ± 116	658 ± 97
30 sek 4 (W)	637 ± 100	658 ± 74	674 ± 75	656 ± 87

4.2 VO_{2max}

Fra pre til posttest hadde spurtgruppen en nedgang på 2,2 % i VO_{2max}, mens kontrollgruppen hadde en økning på 0,03 % (se tabell 1)..

4.3 6 sekunder spurt

Fra pre til posttest hadde spurtgruppen en økning på 0,65 % på 6 sek spurt, mens kontrollgruppen økte med 5,7 % (se tabell 1).

4.4 30 sekunder spurt

Fra pre til posttest hadde spurtgruppen en økning på 2,4 % for spurt nummer 1, og spurt nummer 2 økte 3,2 %. Spurt nummer 3 viste en økning på 5,2 %, og spurt nummer 4 viste en økning på 3,2 % (se tabell 1).

Fra pre til posttest hadde kontrollgruppen en nedgang på 3,5 % på spurt nummer 1, og spurt nummer 2 viste en negativ utvikling på 3,5 %. Spurt nummer 3 viste en nedgang på 3 %, og spurt nummer 4 viste en negativ utvikling på 2,7 % (se tabell 1).

5.0 Diskusjon

Hensikten med dette prosjektet var å undersøke endringen i de maksimale kraftanstrengelsene som her var definert som 6 sek spurt, 30 sek spurt og VO_{2max}. Etersom intervensjonsperioden foregikk i en aktiv hvileperiode for syklister ville man undersøke hvorvidt en intervalløkt i uken ville påvirke den aerobe og anaerobe kapasiteten fra Test 1 til Test 2.

Hovedresultatene viste en destabilisering i VO_{2max} for spurt gruppen, mens kontrollgruppen hadde en marginal økning. Ved 30 sek maksimal spurt viste spurtgruppen framgang på alle målingene, mens kontrollgruppen hadde en negativ utvikling på disse målingene. På 6 sek spurtene økte begge gruppene verdiene sine, men kontrollgruppen hadde en signifikant økning sammenlignet med spurtgruppen.

Disse resultatene er interessante selv om tidligere forskning har dokumentert at spesifiserte spurtøkter har gitt en drastisk økning i aerobisk kapasitet etter seks økter med spurttrening, selv om VO_{2max} forble uendret (Burgomaster et al., 2005, s. 1989). Andre artikler henviser til samme type resultat (Gist et al., 2013), hvor det ble observert lite eller ingen framgang på VO_{2max} . Høyintensitetsintervaller som spurtgruppen kjørte i intervensjonsperioden, gav positive resultater for den maksimale kraften en utøver klarte å produsere (Etxebarria et al., 2013). I intervensjonsperioden fikk spurtgruppen stimulus gjennom den ene kontrolløkten hvor utøverne kjørte 3 serier på 3x30 sek maksimal utførelse i uken. Ved gjennomførelse av høyintensitetsintervallene i intervensjonsperioden ble sekvensene med intervaller gjennomført med samme metode hver økt, og motstanden var konstant det samme underveis på økten. Denne treningen ble videreført under både Test 1 og 2, hvor utøverne gjennomførte 4 spurter som en del av en time med kontinuerlig belastning tilsvarende 60% VO_{2max} watt, med en periodisering av spurtene fra 35,5 min til 53 min, med 4 min lavintensitetssyklus imellom.

Intervalløkten spurtgruppen utførte i intervensjonsperioden gav resultater på de maksimale kraftanstrengelsene, noe som sammenfaller med andre prosjekter gjort innenfor samme emne (Stepito et al., 1998; Laursen et al; Smith et al., 1999). I disse artiklene framlegges det resultater som også indikerer at høyintensitetsintervaller i forskjellige former kan fremkalle signifikante forbedringer i utholdenhetsprestasjoner hos allerede trente toppidrettsutøvere. Ifølge Laursen & Jenkins sin artikkel viste det seg at supramaksimal spurtning, altså maksimale kapasitetsspurter, kunne ha større påvirkning på forbedring av utholdenhet enn tidligere angitt.

I denne studien ble gjennomsnittskraft, maksimalkraft og minimumskraft ved de ulike punktene på testen målt av en Lode testsykel, noe som vil gi nøyaktige måleverdier. Resultatene tyder på at intervalløkten, hvor utøverne i spurtgruppen akkumulerte mer tid i anaerobe soner enn kontrollgruppen, i intervensjonsperioden gav en positiv effekt på disse målingene. Høyintensitetsintervaller har i tidligere studier vist å forbedre effektutgang, muskelutholdenhet og høyere utmattelsesindeks (Astorino, Allen, Roberson & Jurancich, 2012). I prosjektet til Astorino et. al. hvor slike resultater ble påvist, deltok utøvere med en gjennomsnittlig treningsbakgrunn. Deres resultater indikerte også en varierende økning i VO_{2max} gjennom intervensjonsperioden, men utøverne som gjennomførte høyintensitetsintervaller økte sin kraftproduksjon, i stil med Burgomaster et al. sine resultater (Burgomaster et al. 2015).

En sentral forskjell fra dette prosjektet sammenlignet med andre studier er at utøverne holder et høyere treningsnivå og prestasjonsnivå. Forskning har utvilsomt vist at utholdenhetstrening hos utrente individer vil øke VO_{2max} , kapillær tetthet, oksidativ enzymaktivitet og plasmavolum (Astorino et al., 2012; Etxebarria et al., 2013; Gist et al., 2013).

Forskningen på toppidrettsutøvere er mangelfull, ofte fordi komplikasjoner med tilpasning av opplegg inn mot sesongoppkjøring og underveis i sesongen gjør det vanskelig å delta i studier. I artikkelen *Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance*, studerte de effekten av ulike intervallprogrammer hvor forbedring i utholdenhetsytelse ble observert gjennom supramaksimale intervaller (12×30 seconds at 175% P_{peak} , 4.5 minutes recovery). Det interessante var at denne økten også gav forbedring på 40 km individuelt tempo, hvor trening oppunder maksimal innsats tidligere ikke har blitt assosiert med slike resultater. Disse resultatene kan underbygge dette prosjektet hvor slike supramaksimale intervaller gav en positiv effekt på utholdenhetsytelsen.

6.0 Konklusjon

Resultatene fra denne studien viste en økt effektutgang av de maksimale kraftanstrengelsesfaktorene for gruppen som gjennomførte en intervensjonsperiode med ett innslag av supramaksimale intervaller i uken. Til sammenligning stabiliserte kontrollgruppen sine VO_{2max} verdier og økte spurtkraften, men viste en negativ utvikling på de maksimale kraftintervallene.

Basert på resultater fra denne studien, bidro ikke supramaksimale intervaller å skape store fysiologiske forskjeller i en intervensjonsperiode på tre uker til sammenligning med konstant langkjøring. Intervalløkten bidro til å opprettholde de maksimale anstrengelsesfaktorene, men ikke i så stor grad som forventet.

7.0 Kilder

- American College of Sports Medicine. (2010). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (8. Utg.). Lippincott Williams & Wilkins, 16. Des. 2010.
- Astorino, Todd, A., Allen, Ryan, P., Roberson, Daniel, W. & Jurancich, Matt. (2012). *EFFECT OF HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING ON CARDIOVASCULAR*

FUNCTION, _ VO2MAX, AND MUSCULAR FORCE. Journal of Strength and Conditioning Research 2012 Jan;26(1):138-45. doi: 10.1519/JSC.0b013e318218dd77.

- Basset, DR. & Howley, E, T. (2000). *Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance*. Department of Exercise Science and Sport Management, University of Tennessee, Knoxville 37996, USA. Jan; 32(1): 70-84.
- Burgomaster, K, A., Hughes, S, C., Heighenhauser, J, F., Bradwell, S, N. & Gibala, M, J. (2005) *Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans*. J Appl Physiol 98: 1985–1990, 2005, doi:10.1152/jappphysiol.01095.2004.
- Burke, E, R. (2002). *Serious cycling* (2. utg.). Australia: Human Kinetics
- Dahl, H, A. (2005). *Grunnbok I aktivitetsfysiologi: Klar, ferdig, Gå!* (2. Opplag). Oslo. Cappelens Forlag
- Dawson, B., Fitzsimons, M., Green, S., Goodman, C., Carey, M. & Cole, K. (1998). *Changes in performance, muscle metabolites, enzymes and fibre types after short sprint training*. Eur J Appl Physiol 78: 163–169, doi: [10.1007/s004210050402](https://doi.org/10.1007/s004210050402)
- Etxebarria, N., Anson, J, M., Pyne, B, D. & Ferguson, R, A. (2013). *High-intensity cycle interval training improves cycling and running performance in triathletes*. <http://dx.doi.org/10.1080/17461391.2013.853841>
- Faria, E. W., Parker, D. L., & Faria, I. E. (2005). *The science of cycling: factors affecting performance - part 2*. *Sports Med*, 35 (4), 313-337. doi: [10.2165/00007256-200535040-00003](https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00003)
- Foster, C., Farland, C, V., Guidotti, F., Harbin, M., Roberts, Brianna., Schiette, J., Tuuri, A. & Porcari, J, P. (2015) *The Effects of High Intensity Interval Training vs Steady State Training on Aerobic and Anaerobic Capacity*. J Sports Sci Med. 14(4): 747–755. PMID: PMC4657417
- Gorostiaga, E, M., Walter, C, B., Foster, C. & Hickson, R, C. (1991). *Uniqueness of interval and continuous training at the same maintained exercise intensity*. Eur J Appl Physiol 63: 1991;63(2):101-7.
- Heartonline. (2014, November). Rating of Perceived exertion: Borg Scales, hentet fra http://www.heartonline.org.au/media/DRL/Rating_of_perceived_exertion_-_Borg_scale.pdf
- Hem, E. & Leirstein, S. (2013) Testing av utholdenhet. *Olympiatoppen*. Hentet fra <https://olympiatoppen.no/fag/utholdenhet/testlaboratoriet/tester/media3223.media>

- Jeukendrup, A. E., Craig, N. P., & Hawley, J. A. (2000). *The bioenergetics of World Class Cycling*. *J Sci Med Sport*, 2000 Dec;3(4):414-33. PMID: 11235007
- Laursen P, B., Blanchard M, A., Jenkins D, G. *Acute high-intensity interval training improves Tvent and PPO in highly trained males*. *Can J Appl Physiol*. 2002 Aug;27(4):336-48. PMID: 12442351
- Laursen, P. B. & Jenkins, D. G. (2002). *The Scientific Basis for High-Intensity Interval Training Optimising Training Programmes and Maximising Performance in Highly Trained Endurance Athletes*. 32 (1): 53-73.
- Lindsay, F, H., Hawley, J, A., Myburgh, K, H, et al. *Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training*. *Med Sci Sports Exerc* 1996 Nov;28(11):1427-34
- MacDougall, J, D., Hicks, A, L., MacDonald, J, R., McKelvie, R, S., Green, H, J. & Smith, K, M. (1998). *Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training*. *J Appl Physiol* 1998 Jun;84(6):2138-42.
- MANZI, V., IELLAMO, F., IMPELLIZZERI, F. M., D'OTTAVIO, S. & CASTAGNA, C. 2009. *Relation between individualized training impulses and performance in distance runners*. *Med Sci Sports Exerc*, 2009 Nov;41(11):2090-6. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181a6a959.
- Martin, J, C., Davidson, C, J. & Pardyjak E, R. (2007) *Understanding Sprint-Cycling Performance: The Integration of Muscle Power, Resistance, and Modeling*. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2007 Mar;2(1):5-21.
- McKenna, M, J., Heigenhauser, G, J., McKelvie, R, S., Obminski, G., MacDougall, J, D. & Jones, N, L. (1997). *Enhanced pulmonary and active skeletal muscle gas exchange during intense exercise after sprint training in men*. *J Physiol* 1997 Jun 15;501 (Pt. 3):703-16.
- Norris, S, R., Petersen, S, R. *Effects of endurance training on transient oxygen uptake responses in cyclists*. *J Sports Sci*. 1998 Nov;16(8):733-8.
- Okano, A, H., Altimari, L, R., Simões, H, G., De Moraes, A, C., Nakamura, F, Y., Cyrino, E, S. & Burini, R, C. (2006) *Comparison between anaerobic threshold determined by ventilatory variables and blood lactate response in cyclists*. *Rev Bras Med Esporte* vol.12 no.1 Niterói Jan./Feb. 2006. doi: 10.1590/S1517-86922006000100008

- Padilla, S., Mujika, I., Orbananos, J., & Angulo, F. (2000). *Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling*. *Med Sci Sports Exerc.* 2000 Apr;32(4):850-6. DOI: [10.1097/00005768-200004000-00019](https://doi.org/10.1097/00005768-200004000-00019)
- Sand, S., Sjaastad, Ø, V., Haug, E. & Bjålie, J, G. (2005). *Menneskekroppen, Fysiologi og Anatomi*. (2. Utgave, 1. Opplag. Gyldendal Norsk Forlag.
- Smith T, P., McNaughton L, R., Marshall K, J. *Effects of 4-wk training using Vmax/Tmax on V.O2max and performance in athletes*. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: 892-6. DOI: [10.1097/00005768-199906000-00019](https://doi.org/10.1097/00005768-199906000-00019)
- Stasilulis, A., Ančlauskas, R. & Jaščanin, J. (2000). *The effects of training intensity on blood lactate breakpoints in runners*: http://johk.pl/files/02_sta.pdf.
- Stepto, N, K., Hawley, J, A., Dennis, S, C. et al. *Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance*. *Med Sci Sports Exerc.* 1999 May;31(5):736-41. PMID: 10331896
- Trainingimpulse (2012). iTRIMP. Hentet fra <http://www.trainingimpulse.com/itrimp>
- Wasserman K, McIlroy MB. *Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise*. *Am J Cardiol* 1964 Dec;14:844-52. PMID:14232808
- Westgarth - Taylor, C., Hawley, J, A., Rickard S, et al. *Metabolic and performance adaptations to interval training in endurance-trained cyclists*. *Eur J Appl Physiol* 1997;75(4):298-304. DOI: [10.1007/s004210050164](https://doi.org/10.1007/s004210050164)
- Weston, A, R., Myburgh, K, H., Lindsay, F, H, et al. *Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity training by well-trained cyclists*. *Eur J Appl Physiol.* 1997;75(1):7-13. PMID: 9007451

Figur 1: Test protokollen som spurt- og kontrollgruppe deltakerne gjennomførte med tre ukers mellomrom.

Figur 2: Intervalløkten som spurtgruppen gjennomførte i intervensjonsperioden.

Tabell 1: Resultatene fra test 1 og test 2. Gjennomsnittskraft og standardavvik for hver gruppe.