

# **HØYINTENSIV INTERVALLTRENING OG ADAPTASJON:**

**SAMMENLIGNING AV 3 INTENSITETS- OG  
VARIGHETS KOMBINASJONER MATCHET FOR  
"MAKSIMAL INNSATS"**

KRISTIAN JØRANSON

*Masteroppgaven er gjennomført som ledd i utdanningen ved Universitetet i Agder og er godkjent som del av denne utdanningen. Denne godkjenningen innebærer ikke at universitetet inntår for de metoder som er anvendt og de konklusjoner som er trukket.*

Universitetet i Agder, 2010

Fakultet for helse- og idrettsfag

Institutt for folkehelse, idrett og ernæring



Høyintensiv intervalltrening og adaptasjon: sammenlikning av 3  
intensitets- og varighets kombinasjoner matchet for ”maksimal  
innsats”

IDR 506

**Mastergradsoppgave**

Master i idrettsvitenskap

av

Kristian Jøranson

Universitetet i Agder

Fakultet for helse- og idrettsfag

Kristiansand 18. mai 2010



## Sammendrag

**Hensikt:** Denne studien sammenlikner treningseffekten av 3 forskjellige intervalltreningssystemer matchet ved "isoanstrengelse" i tråd med typiske treningsøkter gjennomført av utholdenhetsutøvere. Effekten av treningsintervensjonene på maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2peak}$ ), maksimal arbeidsbelastning ( $Watt_{peak}$ ), arbeidsbelastning ved 4mM laktat ( $Watt_{4mM}$ ) og tid til utmattelse på 80% av  $Watt_{peak}$  (TTU80%) ble kvantifisert. **Metode:** 37 friske forsøkspersoner ( $VO_{2peak}$   $52 \pm 6$  ml·kg·min<sup>-1</sup>) i alderen 25-50 år med en ukentlig treningsmengde på 4-10 timer ble rekruttert til prosjektet. Alle hadde som mål å delta på lokale konkurranser. Forsøkspersonene ble delt inn i 4 forskjellige intervensjonsgrupper matchet for ukentlig treningsmengde og intervalltrening bakgrunn (~6t/uke, ~1 intervalløkt·uke<sup>-1</sup>). Gruppe 1: langkjøring, gruppe 2: 4x16 minutter intervall (3 minutter pause mellom intervallene), gruppe 3: 4x8 minutter intervall (2 minutter pause mellom intervallene) og gruppe 4: 4x4 minutter intervall (2 minutter pause mellom intervallene). Forsøkspersonene ble instruert til å gjennomføre intervalløktene med den høyeste innsats de kunne tolerere gjennom alle intervallene. Det ble gjennomført 2 ukentlige intervalløkter i 7 uker. **Resultat:** Høyintensiv intervalltrening på 4x16- og 4x8 minutter gav signifikant økning i  $VO_{2peak}$  L·min<sup>-1</sup> (4,7%, 8,5%) og ml·kg·min<sup>-1</sup> (6,5%, 10,4%) uten at dette var gjeldende for lavintensitets- og 4x4 minutters gruppene fra pre- til posttest.  $Watt_{4mM}$  økte signifikant hos alle 4 intervensjonsgruppene, mens  $Watt_{peak}$  bare økte signifikant hos de tre intervallgruppene 4x16-, 4x8- og 4x4 minutter (3%, 8,5% og 5,2%). Dette var også tilfellet for TTU80% (62,3%, 80% og 63%). Sammenligninger gjort mellom gruppene viste at 4x8 minutters gruppen hadde signifikant større økning i  $VO_{2peak}$  L·min<sup>-1</sup> enn de andre gruppene, og tenderte til å ha størst fremgang ved de andre testparametrene uten at det var signifikant forskjell ( $p > 0,05$ ). **Konklusjon:** Sammenligning gjort mellom gruppene viste at høyintensiv intervalltrening på 90% av  $HF_{peak}$  i 4x8 minutter gir signifikant bedre respons i  $VO_{2peak}$  L·min<sup>-1</sup> i prosent økning for gruppene i forhold til 4x16-, 4x4, og lavintensitets gruppene ( $p > 0,05$ ). Denne tendensen viser seg også gjeldende for parametrene  $Watt_{peak}$ ,  $Watt_{4mM}$  og TTU80% uten å være signifikant.



## Forord

Denne oppgaven har vekket min interesse og forståelse for intervalltrening. Dere som leser oppgaven vil få et innblikk i intervalltreningens verden og hvordan man kan trene for å oppnå god utholdenhet som mosjonist.

Til min veileder Stephen Seiler vil jeg si tusen takk for 2 utrolig lærerike år. Du har vært en stor inspirator og hjelp i tiden under masteroppgaven, med mange gode råd og innvendinger. Du har alltid stilt opp og det er jeg evig takknemlig for. Til min biveileder Ken Hetlelid vil jeg også rette en takk for alle gode råd. Til min gode medstudent Benjamin Vium Olesen: Takk for mange gode stunder i laboratoriet, treningsrommet og på kontoret. Masterstudiet hadde ikke vært det samme uten deg. Har bare en ting å si. Minne for livet! WHAH!

Tiden med masterprosjektet har vært veldig tidkrevende. I den forbindelse går mine tanker til min kone (og min nyfødte sønn). Uten den støtten jeg har fått til å jobbe lange dager og sene kvelder, hadde jeg aldri kunne sittet med det sluttproduktet jeg sitter med i dag. Tusen takk min(e) kjære.

Sist men ikke minst hadde ikke prosjektet vært gjennomførbart uten alle forsøkspersonene. Takk for at dere tok dere tid til å være med på prosjektet. Lykke til med sykkelsesongen.

Kristiansand Mai 2010

Kristian Jøranson

# Innholdsfortegnelse

<b>Sammendrag</b>	<b>III</b>
<b>Forord</b>	<b>IV</b>
<b>Innholdsfortegnelse</b>	<b>V</b>
<b>Innledning</b>	<b>1</b>
<b>Metode</b>	<b>2</b>
<i>Metodisk tilnærming</i>	2
<i>Forsøkspersoner</i>	3
<i>Testprosedyrer og materiell</i>	3
<i>Treningsintervensjon</i>	6
<i>Statistisk analyse</i>	8
<b>Resultater</b>	<b>9</b>
<b>Diskusjon</b>	<b>14</b>
<b>Referanser</b>	<b>18</b>



## Innledning

*"It is an important but unsolved question which type of training is most effective: to maintain a level representing 90 percent of the maximal oxygen uptake for 40 min, or to tax 100 percent of the oxygen uptake capacity for 16 min (22)."*

(Åstrand og Rodahl, 1986, s. 425)

Intervalltrening er og har lenge vært et omdiskutert tema innen utholdenhetstrening. Det er akseptert at trening med høy intensitet gir god fysiologisk respons. Men hvor høy intensitet man skal trene med, og hvor lenge man skal opprettholde denne intensiteten for å optimalisere treningseffekten, er mer uklart.

*"Det er viktig å vite hvordan forskjellig treningsintensitet influerer adaptasjoner ved fysiologiske parametre i det man setter opp et optimalt treningsregime for en spesifikk idrett, eller for å forbedre den fysiske kapasiteten for den generelle befolkning"*  
(Helgerud et al., 2007, s. 665) (11).

De siste årene har intervalltrening i noen miljøer blitt akseptert som den optimale treningsform i henhold til å bedre utholdenheten hos utrente samt mosjonister (3, 11, 18). Helgerud et al. (2007) viser i en studie at 4x4 minutters intervaller på 90-95% av maksimal hjertefrekvens ( $HF_{maks}$ ) gir signifikant bedre økning i absolutt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ,  $L \cdot min^{-1}$ ), sammenlignet med lavintensitetstrening og trening på laktattærskel. Men et viktig metodisk aspekt ved denne studien og andre som fremhever viktigheten av veldig høy intensitet for optimal tilpassning, er at treningsintervensjonene har vært matchet basert på totalarbeid eller energiforbruk (3, 11). Denne matchingsmetoden er kalt for "isoenergiforbruk" (*isoenergetic*).

En vesentlig svakhet med "isoenergiforbruk" matching av treningsintervensjoner er at det representerer en kunstig sammenlikning som er veldig annerledes fra hvordan intensitet og varighet integreres av utholdenhetsutøvere (16). Observasjoner av godt trente utøvere viser at treningsvarighet øker ikke-lineært med reduksjon i arbeidsintensitet under intervalltrening, slik at totalarbeidet gjennomført for eksempel under intervalltrening på 90% av  $HF_{maks}$  kan være to ganger den tiden som akkumuleres på 95%  $HF_{maks}$  (se Tabell 1). I lys av disse observasjoner (og implisitt i sitatet til Åstrand og Rodahl) kan det være mer valid å sammenlikne

treningsintervensjoner av varierende intensitet basert på selvopplevd anstrengelse ("isoanstrengelse").

Trening skal generere signaler for cellulære adaptasjoner. Arbeidsintensitet og varighet vil sammen stimulere adaptasjoner (og påføre stress), men interaksjonen mellom disse variablene er fortsatt dårlig forstått. Fiskerstrand og Seiler (2004) viser i en studie hvordan norgeseliten i roing har endret treningsorganiseringen fra 1970-2001, fra å vektlegge hard intervalltrening på veldig høy intensitet til å vektlegge intervaller av lengre varighet på 85-95% av  $VO_{2maks}$  (5).

*TABELL 1. Forenklet utgave av Olympiatoppens intensitetsskala (Seiler & Tønnessen, 2009, s. 36) (16)*

<b>Intensitetszone</b>	<b>% av <math>VO_{2maks}</math></b>	<b>% av <math>HF_{maks}</math></b>	<b>Laktat (<math>mmol.L^{-1}</math>)</b>	<b>Varighet i sone</b>
I- Sone 1	45-65	55-75	0,8-1,5	1-6 timer
I- Sone 2	66-80	75-85	1,5-2,5	1-3 timer
I- Sone 3	81-87	85-90	2,5-4	50-90 min.
I- Sone 4	88-93	90-95	4-6	30-60 min.
I- Sone 5	94-100	95-100	6-10	15-30 min.

Denne studien og andre som involverer utholdenhetsutøvere på elitenivå (16), hevder at interaksjonen av høy intensitet og akkumulert arbeidsvarighet er en viktig faktor ved intervalltrening hos allerede godt trente utøvere. Undersøkelser for å optimalisere intervalltrening for utøvere på mosjonistnivå, er i så henseende gjort i mye mindre skala.

Hensikt med denne studien var å sammenlikne treningseffekten av 3 forskjellige intervalltreningssystemer på syklistene på mosjonistnivå, matchet ved "isoanstrengelse" og i tråd med typiske treningsøkter gjennomført av utholdenhetsutøvere på elitenivå.

## **Metode**

### **Metodisk tilnærming**

Studien var et randomisert kontrollert eksperimentelt design. 4 forskjellige treningsintervensjoner som involverte intervalltrening (3 grupper) eller lavintensiv

utholdenhetstrening (kontrollgruppe) ble sammenliknet i forhold til endring i fysiologiske parametre og prestasjon etter en 7 ukers treningsperiode.

### **Forsøkspersoner**

37 syklister på mosjonistnivå mellom 25-50 år ble rekruttert til prosjektet via annonser publisert på nettsidene til lokale sykkelklubber. I tillegg til alder, var inklusjonskriterier: 1) ukentlig trening mellom 4-10 timer, 2) at de var friske og 3) at de hadde som mål å delta på lokale konkurranser. Alle forsøkspersonene hadde også erfaring med intervalltrening fra før. Studien ble godkjent av den Etske komité for Fakultetet for helse og idrettsfag ved Universitet i Agder. Alle forsøkspersonene gav deres informerte samtykke.

36 av 37 forsøkspersoner gjennomførte studien. En av forsøkspersonene i lavintensitetsgruppen måtte avbryte intervensjonen grunnet arytmie, seks uker inn i treningsperioden. En annen forsøksperson i lavintensitetsgruppen ble ekskludert fra dataanalysen ettersom det kom klart frem at han var veldig utrent i starten av intervensjonen, til tross for at det ble opplyst om 6 timer ukentlig utholdenhetstrening. Derfor er sammenlikningsgrunnlaget for gruppene basert på utvalgsstørrelsene 8, 9, 9 og 9.

Treningsbakgrunn for gruppen er presentert i Tabell 2. I forkant av studien fylte alle forsøkspersonene ut et spørreskjema der de oppga antall treningsøkter, antall treningstimer, og antall intervalløkter gjennomført per uke de siste 2 mnd. Forsøkspersonene ble deretter randomisert inn i fire forskjellige grupper matchet for ukentlig treningsmengde og intervalltreningbakgrunn ( $\sim 6t/uke$ ,  $\sim 1$  intervalløkt  $uke^{-1}$ ).

*TABELL 2. Fysisk karakteristikk av forsøkspersonene (N=35).*

Alder	41±6
Høyde (cm)	179±7
Vekt (kg)	84±12
VO <sub>2peak</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	52±6
HF <sub>peak</sub> (slag·min <sup>-1</sup> )	182±9
Antall treningsøkter/uke	6±2
Antall intervalløkter/uke	1±1

Verdier er presentert som gjennomsnitt ± Standard avvik.

### **Testprosedyrer og materiell**

Alle forsøkspersonene gjennomførte to testdager i laboratorium med minimum to dagers restitusjon både under pre- og posttesting. Testdag 1 bestod av måling av

antropometriske variabler ved bruk av en *octapolar bioimpedance* (Inbody 720, Biospace Co., Ltd., Seoul, Sør Korea), og en progressiv belastningstest til utmattelse på ergometersykkel for å kvantifisere 1) maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2peak}$ ), 2) arbeidsbelastning ved  $VO_{2peak}$  ( $Watt_{peak}$ ), 3)  $HF_{peak}$ , 4) den første ventilatoriske terskel ( $VT_1$ ) og 5) den andre ventilatoriske terskel ( $VT_2$ ). Testdag 2 bestod av en laktatprofil test for å kvantifisere arbeidsbelastningen ved 4mM blodlaktat ( $Watt_{4mM}$ ). Etter laktatprofil testen fikk forsøkspersonene 10 minutters pause på valgfri intensitet, etterfulgt av en tid til utmattelsestest på 80% av  $Watt_{peak}$  identifisert under dag 1 (TTU80%).

Testene foregikk på en fabrikkalibrert Velotron (Racermate, Seattle WA, USA) ergometersykkel (Figur 1). Velotron er en datastyrt, elektromagnetisk bremsset ergometersykkel som er tilknyttet et Windows PC program. Designen bruker en elektronisk brems til å bremse et hjul på ~25 kg med et internt ”frihjul” for å kontrollerer motstanden (1, 2, 15). Over et belastningsspekter fra 5-2000 watt hevder produsenten at Velotron ergometersykkel har en nøyaktighet på  $\pm 1,5\%$ . Dette blir bekreftet i en studie av Abiss et. al (2009) der det blir vist en nøyaktighet på  $\pm 1,3\%$  (1). Denne type ergometersykkel har også blitt brukt i reliabilitetsstudier der man har undersøkt reproduserbarheten ved et 20 km løp (17, 21).

Ergometersykkelen ble kalibrert i forkant av hver test ved bruk av en “roll- down resistance” prosedyre foreskrevet av produsent. Kalibreringen ble foretatt etter en 10 minutters oppvarmingsperiode for å stabilisere temperaturen i den elektromagnetiske bremsen.



**Figur 1.** Velotron Electronic Bicycle Ergometer, Rehab Modell, Racer Mate, Seattle, WA. USA.

Testdag 1 ble gjennomført som følger: Etter 10 minutters oppvarming, gjennomførte forsøkspersonene en ”Incremental ramp protocol”. Forsøkspersonene syklet i 5 minutter på 60 watt, for så å øke med  $20 \text{ watt}\cdot\text{min}^{-1}$  til frivillig utmattelse, eller til de ikke klarte å opprettholde en tråkkfrekvens på  $70 \text{ tråkk}\cdot\text{min}^{-1}$ . Dette er en modifisert protokoll tilpasset målgruppen (20 vs.  $25 \text{ watt}\cdot\text{min}^{-1}$  økning), samtidig som den er i tråd med hva som er gjort i andre studier på profesjonelle syklister (13, 14). Ved slutt ble det foretatt laktatmåling (LactatePro LT-1710, Arkay KDK, Japan). Lengden på testen var vanligvis 16-24 minutter. For å forsikre at både  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  og  $\text{HF}_{\text{peak}}$  ble nådd, gjennomførte alle forsøkspersoner i tillegg en kortere test til utmattelse etter 7 minutters pause. Denne testen startet 50 watt under den maksimale belastningen oppnådd under den foregående protokollen. Belastningen ble opprettholdt i ett minutt før økning på  $0\text{-}20 \text{ watt}\cdot 0,5\text{min}^{-1}$ . Forsøkspersonene fortsatte til frivillig utmattelse, eller til de ikke klarte å opprettholde en tråkkfrekvens på  $70 \text{ tråkk}\cdot\text{min}^{-1}$ . Ved slutt ble det foretatt laktatmåling. Den høyeste  $\text{VO}_2$  og HF som ble observert under  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  protokollen eller den utvidede protokollen ble definert som  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  og  $\text{HF}_{\text{peak}}$ .

Oksygenopptak ( $\text{VO}_2$ ) ble målt kontinuerlig med Oxycon Pro i pust til pust modus (Oxycon, Jaeger BeNeLux Bv, Breda, Nederland), kalibrert i henhold til foreskrift fra leverandør før hver test. Ut i fra gassutvekslingen kvantifiserte vi  $\text{VO}_2$ , nivå av karbondioksid i utpusten ( $\text{VCO}_2$ ), minuttventilasjon (VE), respiratorisk ekvivalens for  $\text{O}_2$  ( $\text{EqO}_2: \text{VE}\cdot\text{VO}_2^{-1}$ ) og  $\text{CO}_2$  ( $\text{EqCO}_2: \text{VE}\cdot\text{VCO}_2^{-1}$ ) og det respiratoriske utvekslingsforholdet (RER).  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ble definert som det høyest målte gjennomsnitt i løpet av 30 sekunder under  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ -testen.

Vi identifiserte  $\text{VT}_1$  og  $\text{VT}_2$  på bakgrunn av endringer i  $\text{EqO}_2$  og  $\text{EqCO}_2$  samt endringer i det ”ende-tidale” trykket for  $\text{O}_2$  ( $\text{PET}_{\text{O}_2}$ ) og  $\text{CO}_2$  ( $\text{PET}_{\text{CO}_2}$ ).  $\text{VT}_1$  ble definert som det punktet der man kunne observere en økning i  $\text{EqO}_2$ , samt en økning i  $\text{PET}_{\text{O}_2}$  uten at det forekom en økning i  $\text{EqCO}_2$ .  $\text{VT}_2$  ble definert som det punktet der  $\text{EqCO}_2$  begynte å stige, samt der man kunne observere en nedgang  $\text{PET}_{\text{CO}_2}$  (2, 9).

Laktatprofil testen startet ved at forsøkspersonene syklet 5 min på 50 watt. Deretter ble belastningen oppjustert til 50 watt under belastningen ved  $\text{VT}_1$  identifisert på dag 1. Denne belastningen ble opprettholdt i 5 min og ble etterfulgt av en laktatprøve. Deretter økte belastningen med  $25 \text{ watt}\cdot 5 \text{ min}^{-1}$  med 30 sekunders lettere belastning

(100 watt) under blodprøvetaking. Testen ble avsluttet når blodlaktatverdier var  $\geq 4,0 \text{ mM}$ .  $\text{Watt}_{4\text{mM}}$  ble beregnet visuelt etter plotting av laktat-belastningskurven.

Etter laktatprofilprotokollen fikk forsøkspersonene 10 minutters pause som de kunne disponere fritt før TTU80%. Testen ble gjennomført på en belastning tilsvarende 80% av  $\text{Watt}_{\text{peak}}$  fra dag 1 og ble avsluttet med en laktatprøve. Denne testen ble gjennomført på samme belastning under pre- og posttesting. Under TTU80% testen, var forsøkspersonene blindet i forhold til tilbakelagt tid og hjertefrekvens, men fikk verbal oppmuntring og tilbakemelding angående tråkkfrekvens underveis dersom den gikk under  $70 \text{ tråkk} \cdot \text{min}^{-1}$ .

HF ble kontinuerlig målt ved telemetri og lagret for senere analyse (Polar s610, Polar RS400, Kempele, Finland).

### **Treningsintervensjon**

Forsøkspersonene fulgte en av 4 forskjellige treningsprogrammer over 7 uker.

- Gruppe 1 trente utelukkende på lav intensitet ( $\leq \text{VT}_1$ ). Øktene ble gjennomført på egenhånd uten tilstedeværelse av testledere og fungerte som kontroll. Denne gruppen ble oppmuntret til å øke treningsmengden utover i intervensjonsperioden.
- Gruppe 2 gjennomførte 4x16 minutters intervaller med 3 minutters pause mellom intervallene. Dette ble gjennomført 2 ganger i uken med 3 og 4 dagers restitusjon.
- Gruppe 3 gjennomførte 4x8 minutters intervaller med 2 minutters pause mellom intervallene. Dette ble gjennomført 2 ganger i uken med 3 og 4 dagers restitusjon.
- Gruppe 4 gjennomførte 4x4 minutters intervaller med 2 minutters pause mellom intervallene. Dette ble gjennomført 2 ganger i uken med 3 og 4 dagers restitusjon.

De 3 intervallgruppene fikk identisk oppskrift basert på ”isoanstrengelse” (sett bort ifra varighet). Det vil si at forsøkspersonene ble instruert til å gjennomføre intervalløktene med den høyeste innsats de kunne tolerere for den gitte oppskriften.

Felles for gruppe 2, 3 og 4 var at de i tillegg skulle gjennomføre ~2 (1-3) lavintensitetsøkter på egenhånd utelukkende  $\leq VT_1$ . Disse øktene ble gjennomført i likhet med gruppe 1 på egenhånd uten tilstedeværelse av testledere. Alle egentreningsøkter ble gjennomført med pulsklokker og registrert i en treningsdagbok. For hver treningsøkt ble det registrert 1) treningsform, 2) varighet i minutter, og 3) "session RPE" basert på metoden beskrevet av Foster et al. (6) (Figur 2). Pulsfilene ble ukentlig samlet inn under studien for senere analyse av treningsintensitet.

---

### **Foster et al. (2001): sRPE**

Session RPE – Selvopplevd anstrengelse av én treningsøkt

0 – hvile

1 – veldig lett

2 – lett

3 – moderat

4 – litt hardt

5 – hardt

6

7 – veldig hardt

8 – ekstremt hardt

9 – nesten maksimalt

10 – maksimalt

---

**30 min etter ferdig økt** angis et tall for hvor tungt/lett økta kjentes subjektivt.

**Figur 2.** Illustrasjon av sRPE skjema av Foster et al. (2001) for kontroll av intensitet ved treningsøktene (6).

Intervalltreningene foregikk gruppevis på ni Computrainer Lab ruller (Racer Mate, Seattle, WA, USA) (Figur 3), koblet sammen til en ekstern PC. Alle intervalløktene ble gjennomført under oppsyn av prosjektlederne. HF og arbeidsbelastning ble lagret underveis, og gjennomsnitt for hvert intervall ble beregnet via programvaren på ekstern PC. I tillegg, ble selvopplevd anstrengelse (RPE) og arbeidsbelastning (under og etter hvert intervall) og blodlaktat (uke 2, 4, og 6) kvantifisert som del av en annen studie.

Samtlige intervalløkter startet med minimum 10-15 minutters oppvarming som også varmet opp dekkene og utstyret. Dette ble gjort i manuelt modus uten tilkobling til ekstern PC. Etter oppvarmingen ble alle rullene kalibrert ved bruk av en standardisert “roll-down resistance” prosedyre foreskrevet av produsent, for å kvantifisere dekkergometer hjulmotstand. Motstanden ble kalibrert til mellom 2,5 og 3 lb under alle treningsøktene. Kalibreringsverdien ble lagret på kontrollmodulen som var montert på sykkelstyret, og videre brukt til beregning av arbeidsbelastning under intervalløktene.



**Figur 3.** Illustrasjon av Computrainer Lab, Racer Mate, Seattle, WA. USA.

### **Statistisk analyse**

Den statistiske analysen ble gjort i SPSS, versjon 17.0 (Statistical Package for Social Science, Chicago, IL.)

All data er presentert som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik. Absolutte endringer i fysiologisk respons før og etter treningsintervensjonen ble sammenlignet hos alle gruppene ved bruk av T- tester for parvis utvalg. Analyse av kovarians (ANCOVA) ble benyttet for å beregne 95% konfidensintervall for endringer i 1)  $VO_{2peak}$ , 2)  $Watt_{peak}$ , 3)  $Watt_{4mM}$  og 4) TTU80% blant de 3 intervallgruppene. For å forsikre statistisk matching av treningsbakgrunn ble 1) ukentlig treningstimer før pretest, og 2) antall ukentlige intervalløkter i de siste 2 mnd før pretest satt inn som kovariater i modellen. 95% konfidensintervall (CI) estimerer for endring blant disse variablene i



gruppe 1 ble basert på rå verdiene uten kovariat justering, fordi en reduksjon i intervalltrening var forventet i denne gruppen. En p verdi  $\leq 0,05$  ble vurdert som statistisk signifikant.

## Resultater

Treningskarakteristika av de fire intervensjonsgruppene er presentert i tabell 3. Lavintensitets- og 4x16 minutters gruppene økte treningsvolumet henholdsvis fra 7 til 8,5 og 5,6 til 7,6 t·uke<sup>-1</sup> (p=0,01) under intervensjonsperioden. Treningsvolumet for 4x8- og 4x4 minutters gruppene var uendret.

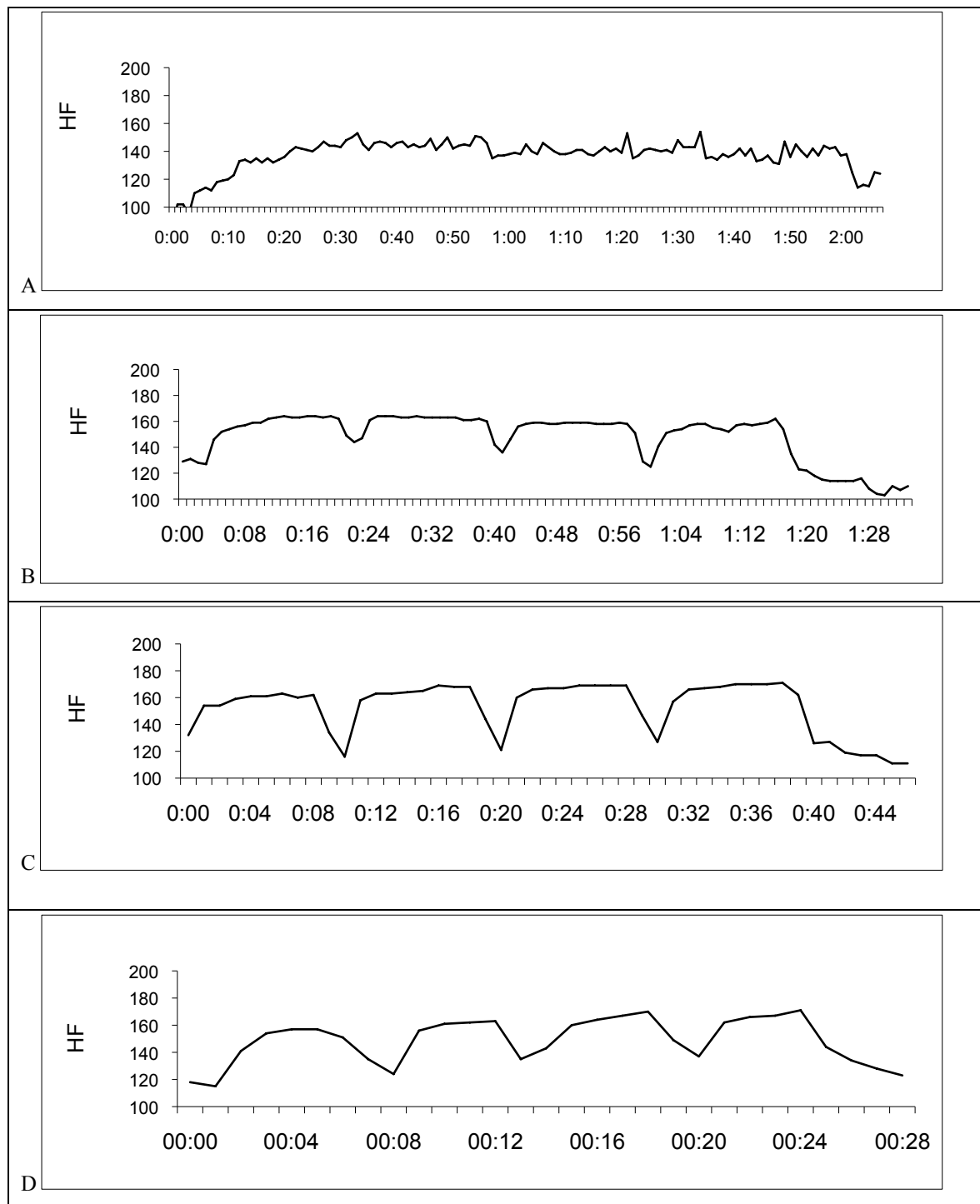
Basert på "session RPE" (sRPE) verdier (Figur 2) som ble samlet inn fra treningsdagbøkene gjennom de 7 intervensjonsukene, holdt alle 4 gruppene lav intensitet ved lavintensitetsøktene. Dette stod i kontrast til intervalltreningen som ble opplevd som hard til veldig hard. sRPE var signifikant høyere for 4x4 minutters gruppen enn for de to andre intervall gruppene (p<0,05).

Prosentvis oppmøte for 4x16-, 4x8- og 4x4 gruppene, var henholdsvis 90%, 94% og 91%. Treningsøktene på lavintensitet ble kontrollert ved sRPE (Tabell 3). Eksempler på HF respons i de 4 forskjellige treningsintervensjonene er presentert i Figur 4. Gjennomsnittintensiteten ved intervalløktene hos de tre intervallgruppene var 88%, 90% og 94% av pretest HF<sub>peak</sub> i 4x16-, 4x8- og 4x4 minutters gruppene. Laktatnivået under intervalløktene var  $4,9 \pm 1,5$  mM,  $9,6 \pm 2,9$  mM og  $13,2 \pm 2,0$  mM hos 4x16-, 4x8- og 4x4 minutters gruppene.

*TABELL 3. Treningskarakteristikk for alle 4 grupper under intervensjonen.*

	Lavintensitet (n=8)	4x16 (n=9)	4x8 (n=9)	4x4 (n=9)
Treningsøkter/uke	4,8±1,2	4,9±1,2	4,6±1,3	4,7±1,4
Intervalløkter/uke	0±0	1,9±0,1	1,9±0,2	1,9±0,1
Treningstimer/uke	8,5±1,5*	7,6±1,9*	5,7±1,5	5,7±2
sRPE v/lavintensitetsøkter	3,4±0,2	2,8±0,2	3,4±0,3	3,2±0,2
sRPE v/intervalløkter	--	6,8±0,7	7,3±0,7	7,9±0,8*

\* p<0,05 vs andre grupper



**Figur 4.** Eksempel på HF respons hos forsøkspersoner under A) langkjøring, B) 4 x 16 min, C) 4 x 8 min, og D) 4 x 4 minutters intervaller.

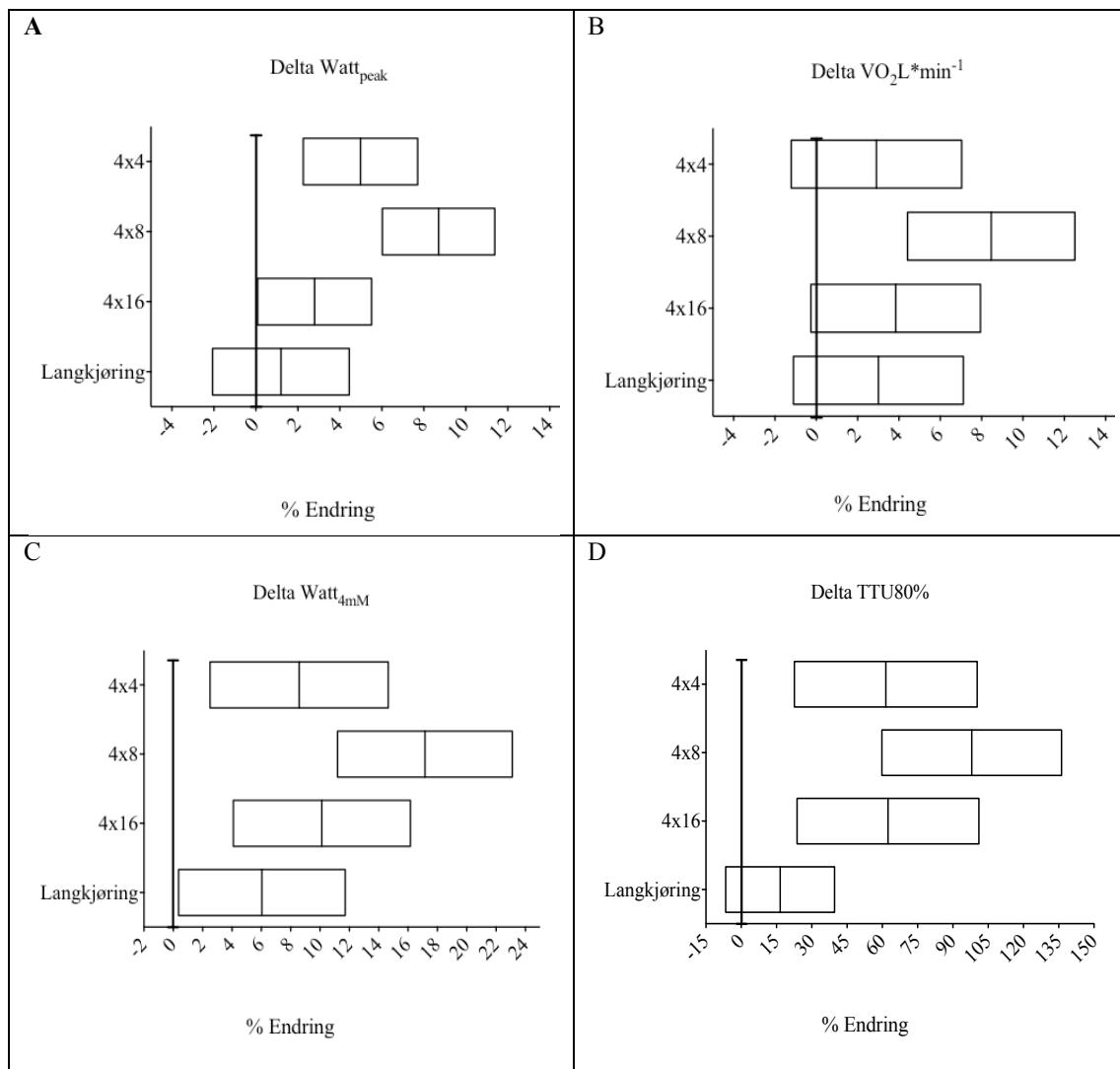
Fysiologiske testresultater før og etter intervensjonsperioden er presentert i tabell 4. En liten men signifikant reduksjon i kroppsvekt (kg) ble observert i 3 av 4 grupper, og en reduksjon i kroppsfett (%) ble observert i 2 av 4 grupper etter intervensjonsperioden. Alle 4 grupper tenderte til å øke absolutt  $VO_{2peak}$  etter treningen, men økningen var bare signifikant hos 4x16- og 4x8 minutters gruppene. Arbeidsbelastningen ved  $VO_{2peak}$  økte signifikant hos de tre intervallgruppene. Arbeidsbelastningen ved 4mM laktat økte signifikant hos alle 4 intervensjonsgruppene, mens TTU80% økte bare signifikant hos de tre intervallgruppene.

TABELL 4. Endringer i fysiologiske parametre fra pre- til posttest.

	<u>Lavintensitet (N=8)</u>		<u>4x16 (N=9)</u>		<u>4x8 (N=9)</u>		<u>4x4 (N=9)</u>	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
<b>Vekt (kg)</b>	80,4±12,5	79,5±12,2*	83,8±10,8	81,6±11,0*	89,7±11,3	88,1±10,9*	79,9±13,3	78,7±12,9
Fett (%)	20,8±7,2	20 ±7,2*	22,2±5,4	20,7±5,2	20,5±5,3	19,5±6,1*	18,4±2,9	17,7±3,9
<b>VO<sub>2peak</sub></b>								
(L·min <sup>-1</sup> )	4,2±0,7	4,3±0,7	4,3±0,8	4,5±0,7*	4,7±0,5	5,1±0,5*	4,0±0,8	4,2±0,9
(ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	52,7±8,0	54,5±6,9	51,1±5,8	54,4±5,2*	52,8±4,8	58,3±5,8*	50,4±5,8	53,2±7,6
<b>Watt<sub>peak</sub></b>	349±44	358±48	361±51	372±50*	378±52	410±27*	343±68	361±72*
<b>HF<sub>peak</sub> (bpm)</b>	182±12	182±9	183±9	178±8*	185±7	180±8*	179±7	177±8
<b>Laktat<sub>peak</sub></b>	14,9±1,6	13,7±1*	14,8±1,6	13,9±1,5	14,1±2,0	13,4±1,4	13,8±1,5	14,0±2,1
<b>Watt<sub>4mM</sub></b>	222±42	239±38*	228±51	249±45*	241±42	280±33*	220±49	238±55*
<b>TTU80%</b>	10,86±2,6	12,14±3,2	8,52±1,76	13,83±3,99*	11,88±4,13	21,34±8,99*	9,7±2,83	15,84±7,14*

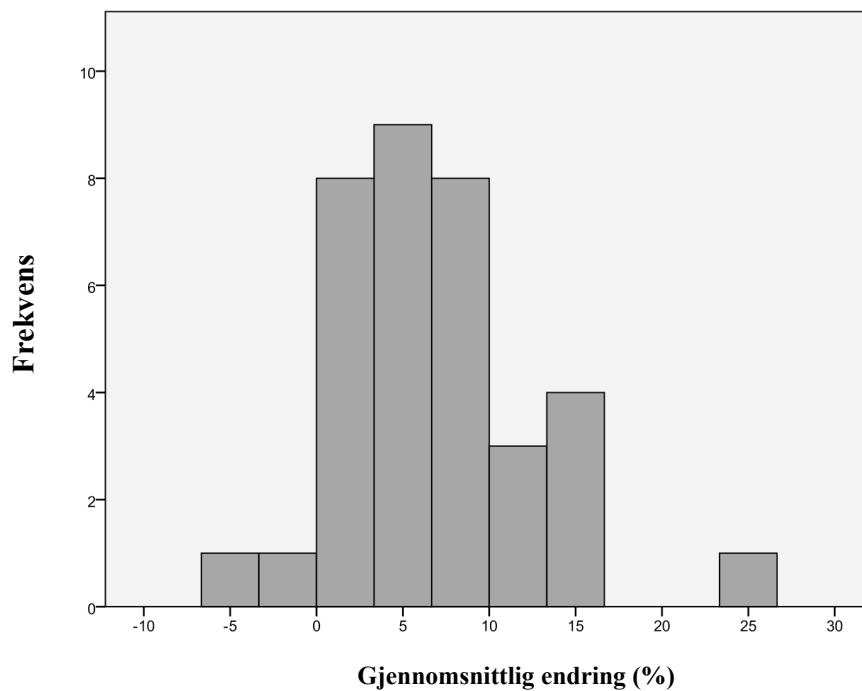
\*  $p \geq 0,05$  for Post vs Pre.

95% CI for endring i  $VO_{2peak}$  (L·min<sup>-1</sup>), Watt<sub>peak</sub>, Watt<sub>4mM</sub> og TTU80% er presentert i Figur 5a-d. Som Figur 5 indikerer så tenderer økningen å være større ved Watt<sub>peak</sub>, Watt<sub>4mM</sub> og TTU80% variablene hos 4x8 minutters gruppen, og økningen er signifikant større i  $VO_{2peak}$  (L·min<sup>-1</sup>) ( $p < 0,05$ ).

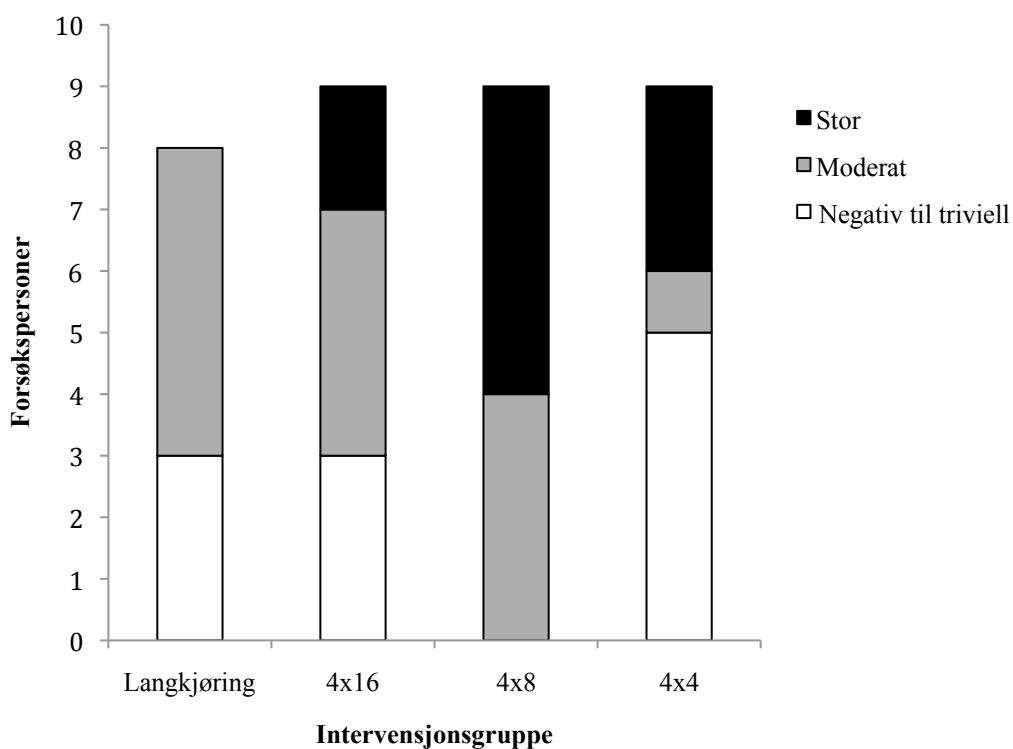


**Figur 5.** 95 % CI for prosents endring ved A) arbeidsbelastning ved  $VO_{2peak}$  (Watt<sub>peak</sub>), B)  $VO_{2peak}$  ( $L \cdot min^{-1}$ ), C) arbeidsbelastning ved 4mM laktat (Watt<sub>4mM</sub>) og D) tid til utmattelse på 80% av Watt<sub>peak</sub> (TTU80%).

En frekvensdistribuering av gjennomsnittsendring i prestasjon for de 4 fysiologiske variablene er presentert i Figur 6. Basert på denne frekvens distribueringen og med hensyn til test-retest reliabilitetsestimater på 3-5% for  $VO_2$  og arbeidsbelastningsmålinger, kategoriserte vi hvert individs treningsrespons som 1) negativ til triviell (under 4% økning), 2) moderat (4-9% økning) eller 3) stor (>9% økning). Den individuelle responsdistribusjonen mellom gruppene er presentert i Figur 7. Denne indikerer i likhet med Figur 5 at 4x8 minutters gruppen er gruppen med den mest homogene respons til trening.



**Figur 6.** Frekvensdistribuering av gjennomsnittlig endring i  $VO_{2peak}$  ( $L \cdot min^{-1}$ ),  $Watt_{peak}$ ,  $Watt_{4mM}$  og TTU80% kombinert til en verdi for alle forsøkspersoner etter endt treningsintervensjon (N=35).



**Figur 7.** Responsanalyse. Gjennomsnittlig endring i  $VO_{2peak}$  ( $L \cdot min^{-1}$ ),  $Watt_{peak}$ ,  $Watt_{4mM}$  og TTU80% kategorisert som 1) negativ til triviell: fra negative verdier opp til 4% økning, 2) moderat: 4- 9% økning eller 3) stor: >9% økning. Fordelingen i individuell respons var signifikant forskjellig mellom de 4 gruppene ( $p < 0,05$ ).

Ettersom det ikke var lik kjønnsfordeling mellom gruppene ble det foretatt en sammenligning mellom kvinner og menn for å se om det var forskjell i treningsresponsen ved de 4 fysiologiske variablene. Som vist i Tabell 5 var det ingen signifikant forskjell i treningsrespons hos kvinner og menn ved testparametrene  $VO_{2peak}$  ( $L \cdot min^{-1}$ ),  $Watt_{peak}$ ,  $Watt_{4mM}$  og  $TTU80\%$ .

*TABELL 5: Treningsrespons (prosent endring) hos kvinner og menn*

	Kjønn	Gjennomsnitt ± Standardavvik
Delta $VO_{2peak}$ ( $L \cdot min^{-1}$ )	Mann (N=20)	3,8 ± 5,2
	Kvinne (N=6)	2,8 ± 9,7
Delta $Watt_{peak}$	Mann (N=20)	3,3 ± 3,8
	Kvinne (N=6)	3,4 ± 6,4
Delta $Watt_{4mM}$	Mann (N=20)	7,1 ± 8,3
	Kvinne (N=6)	12,9 ± 8,1
Delta $TTU80\%$	Mann (N=20)	42,3 ± 47,2
	Kvinne (N=6)	75,7 ± 46,4

\* $p \geq 0,05$

## Diskusjon

Et av hovedfunnene i denne studien var at trening med innslag av høy intensitet på 88-94% av  $HF_{peak}$  i en periode på 7 uker, gav signifikant bedre prosentvis fremgang i henhold til  $Watt_{peak}$  og  $TTU80\%$  enn trening utelukkende på lav intensitet.

Sammenligning gjort mellom intervensjonsgruppene viste at 4x8 minutters gruppen (90% av  $HF_{peak}$ ) hadde signifikant bedre prosentvis økning i absolutt  $VO_2$  ( $L \cdot min^{-1}$ ) enn 4x16- og 4x4 minutters gruppene ( $p \geq 0,05$ ). Denne tendensen kunne også observeres ved parametrene  $Watt_{4mM}$ ,  $Watt_{peak}$  og  $TTU80\%$  uten at det var signifikant forskjell mellom intervensjonsgruppene (Figur 5).

$VO_{2maks/peak}$  er en vel brukt målemetode på utholdenhet (20). For å bedre  $VO_{2maks/peak}$  er det viktig å ha innslag av høyintensiv intervalltrening (19, 20). Resultatene i denne intervensjonsstudien strider mot andre studier som hevder at 4x4 minutter på 90-95% av  $HF_{maks}$  gir best respons i henhold til å øke  $VO_{2maks}$  (10, 11). Sett i forhold til disse studiene så er sammenligningsgrunnlaget annerledes ettersom det blir matchet for "isoenergiforbruk". Dette er også gjort i andre studier (3, 4, 11). Som nevnt i innledningen er det en vesentlig svakhet med "isoenergiforbruk" matching av treningsintervensjoner, ettersom det representerer en kunstig sammenlikning som er

veldig annerledes fra hvordan intensitet og varighet integreres av utholdenhetsutøvere (16). De forskjellige intervensjonene i denne studien er matchet for ”isoanstrengelse”. Dette betyr i praksis at forsøkspersonene har fulgt samme oppskrift som tilsier at alle intervaller (uavhengig av gruppe) skal gjennomføres med den maksimale innsats som kunne tolereres gjennom alle intervaller. Gjennomsnittlig HF for gruppene 4x16-, 4x8- og 4x4 minutters gruppene var 88%, 90% og 94%. På den måten ”selvorganiserte” forsøkspersonene i de forskjellige gruppene seg slik at 4x16 minutters gruppen gjennomførte sine intervaller i henhold til Olympiatoppens sone inndeling i den øvre delen av I-sone 3, 4x8 minutters gruppen gjennomførte sine intervaller i den nedre delen av I-sone 4 og 4x4 minutters gruppen gjennomførte sine intervaller i den øvre delen av I-sone 4 eller nedre delen av I-sone 5 (Tabell 1). Resultatene i denne studien støtter funnene gjort i studien av Fiskerstrand og Seiler (2004) som viser hvordan norgeseliten i roing har endret intensitetsdistribueringen fra 1970-2001. Fra å trene harde intervaller på konkurranse- og ”over-speed” hastighet, til å gå ned i intensitet på intervallene til 85-95% av  $HF_{maks}$  (5). I sesongen 2003/2004 gjennomførte Olaf Tuft 16% av treningen over laktat terskel (4mM). Av den totale treningsmengden utgjorde det 4% i I-sone 4, 1% i I-sone 5 og 4% i I-sone 6 og 7 som styrketrening (8). Mesteparten av intervalltreningene over laktatterskel foregikk med det i I-sone 4. Basert på funnene gjort i denne studien harmonerer treningseffekten med hva som gjøres av toppidrettsutøvere, der intervalltrening gjennomføres med litt lavere intensitet (henholdsvis i I-sone 4) men med vesentlig lengre varighet i forhold til hva som er gjort i andre studier (3, 4, 11, 12), jf. åpningssitat til Åstrand og Rodahl (1986) (22).

En tidligere studie av Franch et al. (1998) har gjort lignende tilnærmelser der hard langkjøring (93% av  $HF_{maks}$ ), langintervall (4-6x4 minutters intervall med 2 minutters pause på 94% av  $HF_{maks}$ ) og kortintervall (15x15 sekunders intervall med 15 sekunders pause på 92% av  $HF_{maks}$ ) blir sammenlignet. Funnene i denne studien viser at  $VO_{2maks}$  ( $L \cdot min^{-1}$ ) økte likt for langintervall- (6%) og langkjøringsgruppene (5,9%), mens det var en mindre økning for kortintervall gruppen (3,6%). Franch et al. (1998) gjennomførte i likhet med denne studien en tid til utmattelsestest, der hard langkjøringsgruppen hadde størst økning på 94% (7). Dette resultatet harmonerer med funnene gjort i denne studien. En forskjell fra studien til Franch et al. (1998) var at  $VO_{2maks}$  resultatet ved posttest var tilnærmet likt for 4-6x4 minutters gruppen og hard

langkjøringsgruppen. Denne forskjellen kan forklares ved at 4x8 minutters gruppen i denne studien hadde lengre total akkumulert arbeidstid med 32 minutter vs. 20 minutter, i tillegg til lavere intensitet på 90% av  $HF_{peak}$  vs 93% av  $HF_{maks}$  i studien til Franch et al. (1998). Denne betydelige økningen i total akkumulert arbeidstid sammen med den lille nedgangen i intensitet, er noe som tilsynelatende kan ha utgjort en forskjell på resultatet og den fysiologiske adaptasjonen.

$Watt_{4mM}$  bedret seg signifikant for alle gruppene. Når det gjelder lavintensitetsgruppen så kan fremgangen ha sammenheng med at intervensjonen startet med pretesting i desember som er utenfor sykkelsesongen, og flere av forsøkspersonene var derfor ikke i den sykkelformen de er i under sesongen. Dette til tross for opplyst ukentlig treningsmengde på 6 timer. 4x8 minutters gruppen tenderte til å ha større prosentvis fremgang i  $Watt_{4mM}$  enn de andre gruppene (Figur 4). Dette var ikke signifikant.

Gruppene ble satt sammen matchet for ukentlig treningsbelastning. Dette ble gjort på bakgrunn av selvrapportert treningsmengde de 2 siste måneder før intervensjonens start. Slik var vi da i stand til å danne mest mulig homogene grupper som hadde en ukentlig treningsbelastning på  $\sim 6t/uke$  og  $\sim 1$  intervalløkt  $\cdot uke^{-1}$ . Kjønnfordelingen for lavintensitetsgruppen var 6 menn og 2 kvinner, for 4x16 minutters gruppen 7 menn og 2 kvinner, for 4x8 minutters gruppen 9 menn, og for 4x4 minutters gruppen 7 menn og 2 kvinner. I så henseende kan det argumenteres for at det ikke var lik kjønnfordeling mellom gruppene ettersom det ikke var kvinner i 4x8 minutters gruppen, og at dette er en medvirkende årsak til at vi er vitne til størst fremgang i denne gruppen. I den forbindelse ble det foretatt en sammenligningsanalyse for å se om det var forskjell i treningsresponsen hos kvinner og menn. Tabell 5 viser at det ikke var signifikant forskjell i treningsrespons ved de 4 fysiologiske variablene  $VO_{2peak}$  ( $L \cdot min^{-1}$ ),  $Watt_{peak}$ ,  $Watt_{4mM}$  og  $TTU_{80\%}$  ( $p > 0,05$ ). Thomas et al. (1984) har i likhet med denne studien sett om kvinner og menn responderte forskjellig til deres treningsintervensjon. Men heller ikke her var det kjønnforskjeller i treningsrespons (19). Et annet fremtredende argument er hvor mye intervalltrening forsøkspersonene hadde drevet i forkant av intervensjonen. Dette varierte fra 0-2 ukentlige intervalltreninger. I så henseende ble det tatt høyde for 1) antall ukentlige intervalløkter og 2) antall ukentlige treningstimer før pretest for å forsikre statistisk matching.



Wenger og Bell (1986) hevder at den beste måten å forbedre  $VO_{2maks}$  på, er å trene på en intensitet tilsvarende 90-100% av  $VO_{2maks}$  i 35 minutter (20). I denne studien har det blitt vist at trening på 90% av  $HF_{peak}$  i 32 minutter har best prosentvis forbedring i henhold til økning i  $VO_{2peak}$  ( $L \cdot min^{-1}$  og  $ml \cdot kg \cdot min^{-1}$ ),  $Watt_{peak}$ ,  $Watt_{4mM}$  og  $TTU80\%$ . Et interessant aspekt ved studien er hvordan resultatet harmonerer med åpningsstatet av Åstrand og Rodahl (22). Det som er vist er at det er et ikke-lineært forhold mellom nedgang i intensitet og økning i akkumulert varighet. Derimot har studien demonstrert hvordan interaksjonen mellom intensitet og akkumulert varighet gir et mer ”riktig signal” for optimal fysiologisk respons hos en gruppe med syklister på mosjonist nivå. En annen studie på samme utvalg tar for seg RPE ved de forskjellige intervalløktene. I følge denne studien opplevde 4x4 minutters gruppen intervalløktene signifikant hardere enn 4x8 minutters- og 4x16 minutters gruppen ( $p < 0,05$ ). Så sett ut ifra ”isoanstrengelse” så er den subjektive opplevelsen av denne formen for intervalltrening veldig kostbar.

## Referanser

1. Abiss CR, Quod MJ, Levin G, Martin DT, Laursen PB. Accuracy of the Velotron Ergometer and SRM Power Meter. *Int J Sports Med.* 2009;30:107-12.
2. Amann M, Subudhi AW, Walker J, Eisenman P, Shultz B, Foster C. An Evaluation of the Predictive Validity and Reliability of Ventilatory Threshold. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(10):1716-22.
3. Daussin FN, Ponsot E, Dufour SP, Lonsdorfer-Wolf E, Doutreleau S, Geny B, et al. Improvement of VO<sub>2</sub>max, by cardiac output and oxygen extraction adaptation during intermittent versus continuous endurance training. *Eur J Appl Physiol.* 2007;101:377-83.
4. Daussin FN, Zoll J, Dufour SP, Ponsot E, Lonsdorfer-Wolf E, Doutreleau S, et al. Effect of interval versus continuous training on cardiorespiratory and mitochondrial functions: relationship to aerobic performance improvements in sedentary subjects. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2008;295:R264-R72.
5. Fiskerstrand Å, Seiler KS. Training and performance characteristics among Norwegian International Rowers 1970-2001. *Scand J Med Sci Sports.* 2004;14:303-10.
6. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A New Approach to Monitoring Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2001;15(1):109-15.
7. Franch J, Madsen K, Djurhus MS, Pedersen PK. Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(8):1250-6.
8. Frøyd C, Madsen Ø, Sæterdal R, Tønnessen E, Wisnes AR, Aasen SB. *Utholdenhet- trening som gir resultater.* Third ed. Oslo: Akilles; 2008.
9. Gomez-Gallego F, Santiago C, Gonzales-Freire M, Muniesa CA, Valle MFd, Perez M, et al. Endurance Performance: Genes or Gene Combinations. *Int J Sports Med.* 2009;30:66-72.
10. Helgerud J, Engen LC, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(11):1925-31.
11. Helgerud J, Høydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, et al. Aerobic High-Intensity Intervals Improve VO<sub>2</sub>max More Than Moderate Training. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(4):665-71.
12. Knuttgen HG, Nordesjø LO, Ollander B, Saltin B. Physical conditioning through interval training with young male adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1973;5(4):220-6.
13. Lucia A, Carvajal A, Boraita A, Serratosa L, Hoyos J, Chicharro JL. Heart dimensions may influence the occurrence of the heart rate deflection point in highly trained cyclists. *Br J Sports Med.* 1999;33:387-92.

14. Lucia A, Pardo J, Durantez A, Chicharro JL. Physiological Differences Between Professional and Elite Road Cyclists. *Int J Sports Med.* 1998;19:342-8.
15. Racermate. Velotron. Available from: <http://racermateinc.com/velotron.asp>
16. Seiler S, Tønnessen E. Intervals, Threshold, and Long Slow Distance: the Role of Intensity and Duration in Endurance Training. *Sportsmedicine.* 2009;13:32-53.
17. Sporer BC. Reproducibility of a Laboratory Based 20-km Time Trial Evaluation in Competitive Cyclists Using the Velotron Pro Ergometer. *Int J Sports Med.* 2007;28:940-4.
18. Talanian JL, Galloway SDR, Heigenhauser GJF, Bonen A, Spriet LL. Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *J Appl Physiol.* 2007;102:1439-47.
19. Thomas TR, Adeniran SB, Etheridge GL. Effects of Different Running Programs On VO<sub>2</sub>max, Percent Fat, and Plasma Lipids. *Can J Sports Sci.* 1984;9:55-62.
20. Wenger HA, Bell GJ. The Interactions of Intensity, Frequency and Duration of Exercise Training in Altering Cardiorespiratory Fitness. *Sports Med.* 1986;3:346-56.
21. Zavorsky GS, Murias JM, Gow J, Kim DJ, Poulin-Harnois C, Kubow S, et al. Laboratory 20-km Cycle Time Trial Reproducibility. *Int J Sports Med.* 2007;28:743-8.
22. Åstrand P-O, Rodahl K. *Textbook of work physiology.* Third ed 1986.