***Bachelor IDR2003-1***

***Utvikling av aerobe prestasjonsfaktorer er positivt relatert til høyere oksygenopptak under intervalltrening***

**Dato:**

**Kandidatnr:**

**Sammendrag**

*Formål:* Til tross for at det er stor konsensus i litteraturen om at intervalltrening på høyere intensiteter av VO2maks er viktig for å forbedre utholdenhetsprestasjon, er det overraskende stor mangel på studier som direkte har målt oksygenopptak under øktene og sammenlignet dette med treningseffekt. Derfor målte vi i denne studien oksygenopptak under samtlige intervalløkter og sammenlignet gjennomsnittlig oksygenopptak (VO2snitt) med utvikling i fysiologiske- og prestasjonsvariabler.

*Metode:* 19 godt trente syklister (VO2maks 68.7±5.4 mL·min-1·kg-1) gjennomførte 21 intervalløkter over en 9-ukers periode. To påfølgende testdager ble gjennomført før (pretest), underveis og etter intervensjonen (posttest), for bestemmelse av VO2maks,, maksimal aerob effektutvikling (Wmaks), effektutvikling på laktatterskel (Wlaktatterskel), effektutvikling på 15- og 40 min prestasjonstest (hhv. W15tt og W40tt) og prestasjonsindeks kalkulert som gjennomsnittet av de viktigste prestasjonsindikatorene (Wmaks, Wlaktatterskel, W15tt). Alle intervalløkter (5x8min) i treningsperioden ble gjennomført med lik wattbelastning (100% av W40tt fra foregående testdag).

*Resultat:*  Deltakernes VO2snitt varierte fra 77.1% - 93.7% av VO2maks, og viste en positiv sammenheng med forbedring fra pre- til posttest i prestasjonsindeks, Wmaks og Wlaktatterskel (estimat [95% konfidensintervaller]) på hhv. 0.04 vilkårlig verdi (vv) [0.03, 0.06] p=0.009, 0.4 W∙kg-1 [0.3, 0.5] p=0.005 og 0.2 W∙kg-1 [0.1, 0.3] p=0.04 for hver prosent økning i VO2snitt. Samtidig så vi tendenser til en positiv sammenheng mellom utvikling i VO2maks på 0.241 mL∙min-1∙kg-1 [0.02, 0.47] p=0.053 for hver prosent ø kning i VO2snitt. Forbedringer i W15tt og W40tt viste ingen sammenheng med VO2snitt med 0.02 W∙kg-1 [-0.01, 0.05] p=0.145 og -0.0036 W∙kg-1 [-0.03, 0.02] p=0.791 respektivt.

*Konklusjon:* Resultatene indikerer at det er en positiv sammenheng mellom VO2snitt fra 77.1% - 93.7% og utvikling i prestasjonsindeks, Wmaks og Wlaktatterskel, og tendenser til en sammenheng mellom VO2snitt og utvikling av VO2maks. Syklister med mål om optimal utvikling av fysiologiske- og prestasjonsvariabler bør dermed sikte etter et høyt VO2snitt under intervalltrening.

***Innholdsfortegnelse***

**1.0 Introduksjon 3**

**2.0 Metode 5**

**2.1 Deltakere 5**

**2.2 Studiedesign og prosedyre 6**

**2.3 Fysiologiske tester 8**

**2.4 Styrketest 8**

**2.5 Laktatprofil 9**

**2.6 VO2maks-test 10**

**2.7 15 min prestasjonstest 10**

**2.8 Hematologiske målinger 11**

**2.9 40 min prestasjonstest 12**

**2.10 HIT-økter 13**

**2.11 Dataanalyse 15**

**3.0 Resultater 16**

**3.1 Effekten av VO2snitt på endring i fysiologiske- og prestasjonsvariabler 17**

**3.2 Effekten av VO2snitt på endring i hematologiske variabler 20**

**3.3 Sammenhengen mellom VO2snitt og andre belastningsindikatorer 22**

**4.0 Diskusjon 23**

**4.1 VO2snitt 24**

**4.2 VO2maks 24**

**4.3 Prestasjonsindeks 25**

**4.4 Wlaktatterskel og Wmaks 25**

**4.5 W15tt og W40tt 26**

**4.6 Hematologi 27**

**5.0 Perspektiv 27**

**6.0 Konklusjon 28**

**7.0 Referanseliste 28**

**1.0 Introduksjon**

Utholdenhetsprestasjon i sykling bestemmes i stor grad av det maksimale oksygenopptaket (VO2maks), utnyttingsgraden (% av VO2maks på laktatterskel) og arbeidsøkonomien, som samlet bestemmer den høyeste arbeidsbelastningen en utøver kan holde over en lengre periode (Bassett & Howley, 2000; Joyner & Coyle, 2008). Optimal utvikling av de respektive prestasjonsfaktorene krever trening på intensiteter som stresser de sentrale- og perifere fysiologiske systemene i tilstrekkelig grad (Buchheit & Laursen, 2013; Laursen & Jenkins, 2002).

I studier som undersøker effektene av HIT er intensiteten ofte omtalt som en gitt prosent av det maksimale oksygenopptaket  (Billat, 2001). Dette kommer av at VO2maks blir sett på som det beste målet for å beskrive kardiorespiratorisk fitness (Golden & Vaccaro 1984).   
Det har tidligere blitt observert utvikling i prestasjonsvariabler allerede etter trening tilsvarende 50% av VO2maks hos utrente individer. Samtidig så man et positivt forhold mellom økt intensitet og utvikling opp til 100% av det maksimale oksygenopptaket ([Wenger & Bell, 1986](https://www.zotero.org/google-docs/?phcEyf)). Dersom treningsstatusen til individet er på et høyere nivå, ser det ut til at det er nødvendig å øke intensiteten på treningen for å oppnå ytterligere adaptasjoner av de sentrale- og perifere fysiologiske prestasjonsfaktorene (Buchheit & Laursen, 2013; Midgley & Mc Naughton, 2006; [Wenger & Bell, 1986](https://www.zotero.org/google-docs/?phcEyf)). Dette kommer av at styrken på stimuliet som fører til disse adaptasjonene påvirkes av økt treningsintensitet (Midgley & Mc Naughton, 2006).  
  
I studier som har sammenlignet forskjellige HIT-økter med matchende treningsinnsats og treningsvolum, ser man en gunstig effekt av høyere intensitet på utvikling av fysiologiske- og prestasjonsvariabler (Rønnestad et al., 2014; 2020). I de to sistnevnte studiene sammenlignet de kort- og langintervaller gjennomført med maksimal innsats på godt trente- og elitesyklister. Det har tidligere blitt observert at kortintervaller med 2:1 arbeids-restitusjons forhold fører til et høyere gjennomsnittlig oksygenopptak og mer tid  ≥ 90% av VO2maks enn mer tradisjonelle langintervaller (Rozenek et al., 2007). Det høyere oksygenopptaket under kortintervallene ble derfor foreslått å være den primære årsaken til de større forbedringene i fysiologiske- og prestasjonsvariabler (Rønnestad et al., 2014; 2020). Det har likevel blitt observert at 4x8 min-intervaller (90% av den maksimale hjertefrekvensen (HFmaks)) stimulerer til bedre treningsadaptasjoner enn 4x4- og 4x16 min (94- og 88% av HFmaks respektivt) når øktene gjennomføres med maksimal innsats (Seiler et al., 2013). Disse funnene antyder at det finnes en viktig interaksjon mellom akkumulert arbeidstid og intensitet for å optimalisere fysiologiske adaptasjoner. Dermed ser det ut som at treningsvolumet på HIT bør matches for og isolert kunne undersøke sammenhengen mellom intensitet og treningseffekt.  
  
På samme måte har man sett et positivt forhold mellom økende intensitet og treningseffekt i studier som sammenlignet ulike protokoller med høyintensitetstrening matchet på totalt energiforbruk (Turnes et al., 2016; Helgerud et al., 2007). Etter en 4-ukers treningsintervensjon så man at gruppen som trente med mest tid på et høyt oksygenopptak fikk større utviklinger i VO2maks og effektutvikling på laktatterksel (Turnes et al., 2016). Dette er en av få studier som har målt oksygenopptak på intervalløkter under en treningsintervensjon, selv om de kun målte oksygenopptak under den første og siste intervalløkten. Det har også blitt observert at 8 uker med trening på 90-95% av HFmaks sammenlignet med 70-85% av HFmaks stimulerer til større forbedringer i VO2maks, men ikke i løpsøkonomi, hastighet- eller VO2 på laktatterskel hos trente løpere (Helgerud et al., 2007).

Det er overraskende stor mangel på studier som faktisk har målt oksygenopptak underveis i samtlige HIT-økter. Selv om % av VO2maks blir sett på som en god intensitetsindeks har de fleste studier estimert oksygenopptaket ut ifra enten % av HFmaks eller watt- og hastighetsintensiteter (Buchheit & Laursen, 2013; Helgerud et al., 2007; Midgley & Mc Naughton, 2006; Wenger & Bell, 1986). Dette kan være ugunstig da blant annet % av HFmaks og % av VO2maks nødvendigvis ikke samsvarer (Swain et al., 1994). For å undersøke effekten ulike intensiteter av det maksimale oksygenopptaket (% av VO2maks) under HIT har på treningsadaptasjoner, bør utøvernes oksygenopptak måles direkte under alle treningsøkter over en lengre periode. Til vår kjennskap har ingen studier per dags dato gjort dette tidligere, på verken utrente eller trente personer. På bakgrunn av dette var formålet med denne studien å undersøke effekten gjennomsnittlig oksygenopptak under samtlige HIT-økter har på fysiologiske- og prestasjonsvariabler over en 9-ukers treningsperiode. Til forskjell fra annen litteratur på feltet gjennomførte deltakerne de samme HIT-øktene med likt totalt treningsvolum og lik relativ wattbelastning. Basert på tidligere forskning (Buchheit & Laursen, 2013; Helgerud et al., 2007; Midgley & McNaughton, 2006; Rønnestad et al., 2014 ; Rønnestad et al., 2020; [Wenger & Bell, 1986](https://www.zotero.org/google-docs/?tSOCy0)) forventet vi en positiv sammenheng mellom gjennomsnittlig oksygenopptak under HIT og utvikling i fysiologiske- og prestasjonsvariabler.

**2.0 Metode**

**2.1 Deltakere**

Totalt 27 deltakere deltok i studien, hvorav 19 deltakere ble brukt i dataanalysen (Tabell 1). Åtte av deltakerne ble ekskludert fra dataanalysen fordi de enten ikke oppfylte premisset om ≥ 60 mL∙min-1∙kg-1 i VO2maksved pretest (N = 5), eller ikke gjennomførte alle 21 HIT-øktene etter protokollen grunnet skader eller sykdom (N = 3). Deltakerne var landeveis- og terrengsyklister fra Norges Toppidrettsgymnas (NTG) avd. Lillehammer og Kongsvinger, aktive syklister og triatleter, samt studenter med sykkelerfaring fra bachelor i idrettsvitenskap med fordypning i helse og treningsfysiologi og master i treningsfysiologi ved Høgskolen i Innlandet avd. Lillehammer. Basert på VO2maks, maksimal aerob effekt (Wmaks) og relativ Wmaks (W∙kg-1) ble syklistene betraktet som “godt trente” (Jeukendrup, Craig, & Hawley, 2000) (Tabell 1).

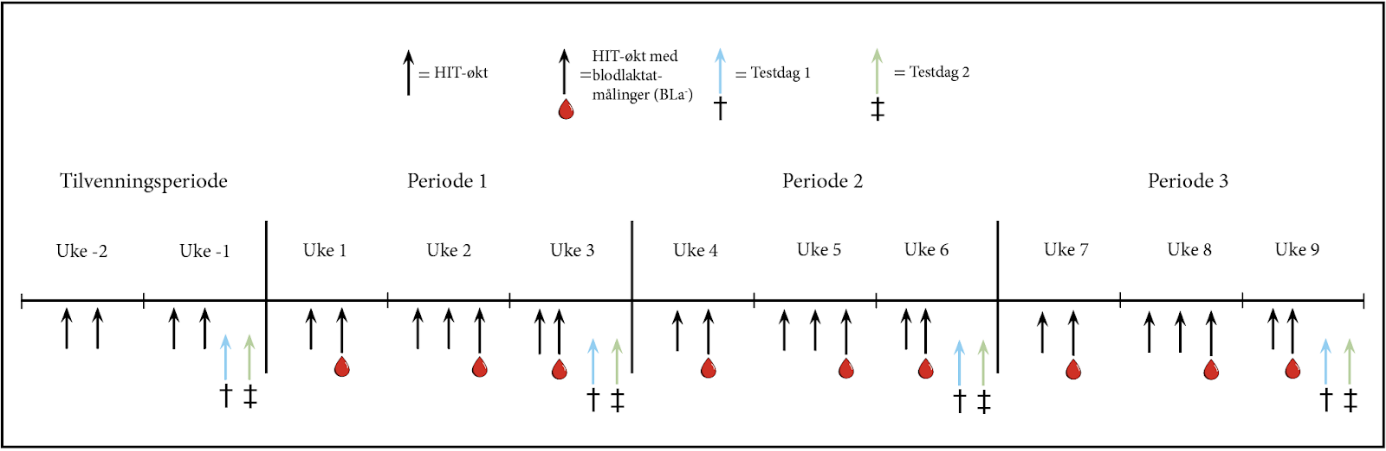
|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tabell 1** Karakteristikker og treningshistorikken til deltakerne | | | | | | |
|  | N | GJ. Snitt ± SD |  | Min | Maks |  |
|  | | | | | | |
| Generelt | | | | | | |
| Alder (år) | 19 | 21.9 ± 6.1 |  | 17 | 37 |  |
| Kroppshøyde (cm) | 19 | 181.9 ± 6 |  | 173 | 193 |  |
| Kroppsvekt (kg) | 19 | 73.9 ± 7.9 |  | 61.6 | 84.5 |  |
| VO2maks (mL∙kg-1∙min-1) | 19 | 68.7 ± 5.4 |  | 61.3 | 80.4 |  |
| Wmaks (W) | 19 | 436 ± 51 |  | 365 | 542 |  |
| Wmaks (W∙kg-1) | 19 | 5.9 ± 0.5 |  | 5.0 | 6.9 |  |
| Treningshistorikk |  |  |  |  |  |  |
| Sykkelerfaring (år) | 18 | 3.8 ± 3 |  | 0 | 11 |  |
| Antall nasjonale ritt 2021 | 18 | 6.6 ± 6.2 |  | 0 | 17 |  |
| Antall internasjonale ritt 2021 | 18 | 3.6 ± 6.8 |  | 0 | 26 |  |
| Total treningstid 2021 (timer) | 18 | 489 ± 152 |  | 260 | 754 |  |
|  | | | | | | |

Forkortelser: VO2maks, det maksimale relative oksygenopptaket; Wmaks, maksimal aerob effekt; W, watt.

Merknader: en deltaker mislyktes i å rapportere om treningshistorikk.

**2.2 Studiedesign og prosedyre**

Studien var en randomisert krysning innen-gruppe studie som strakk seg over 11 uker med en to ukers tilvenningsperiode etterfulgt av tre inndelte treningsperioder på 3 uker (Figur 1). Deltakerne ble inndelt i seks grupper med forskjellig periodisering av HIT-økter med 3x6 Latin Square design (Figur 2). Deltakerne ble testet (testprosedyrene beskrives senere i oppgaven) før (pretest), underveis og etter intervensjonen (posttest) (Figur 1).Testingen ble gjennomført over to påfølgende dager. Testdag 1 (T1) begynte med målinger av hematokrit (HCT). Videre ble den maksimale effektutviklingen (Effektmaks) og den maksimale kraftutviklingen (Kraftmaks) målt ved en standardisert 10 repetisjoner beinpresstest. Deretter gjennomførte deltakerne en trinnvis sykkeltest for utregning av gross-efficiency (GE), effektutvikling ved en blodlaktatkonsentrasjon ([BLa−]) på 4 mmol∙L-1 og utnyttelsesgrad av VO2maks ved 4 mmol∙L-1 [BLa-]. Etter en restitusjonsperiode på 5 min, ble det gjennomført en VO2maks test. En ny restitusjonsperiode på 10 min ble gitt direkte etterfulgt av en 15 min prestasjonstest. Deltakerne skulle så hvile i 30 min før det ble gjennomført hematologiske målinger av total hemoglobinmasse (Hbmasse) og blodvolum  (Figur 3). Testdag 2 (T2) bestod av en 13,5 min oppvarmingsprotokoll etterfulgt 5 min pause før det ble gjennomført en 40 min prestasjonstest (figur 4).



**Figur 1** Tidslinje med oversikt over hele treningsintervensjonen.

Forkortelser: HIT, høyintensitetstrening

**Figur 2:** Inndeling av periodisering for HIT-økter.Et bilde som inneholder tekst, elektronikk, kalkulator

Automatisk generert beskrivelse

Forkortelser: N, antall deltakere; 30/15,  elleve 30-sekunders arbeidsperioder på 118% av W40tt; (gjennomsnittlig effektutvikling på 40 min prestasjonstest) skilt av 15 sekunders aktiv restitusjon på 60% av W40tt; 60/60, vekslende ett minutt på 110- og 90% av W40tt i 8 minutter; FLAT, åtte minutter på 100% av W40tt.

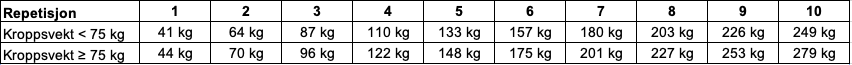
Merknader: Alle økttypene gjennomføres som 5x8 min-intervaller med % av W40tt som gjennomsnittlig wattbelastning og 3 min pause mellom hvert drag.

**2.3 Fysiologiske tester**

Alle tester på sykkel ble gjennomført i lignende miljø; T1 = 17.8 ± 1.6 °C og 37 ± 10 % luftfuktighet, T2 = 15.4 ± 3.0 grader og 50 ± 12 % luftfuktighet med vifte etter eget ønske. Testleder ga verbal oppmuntring på tester til utmattelse. Alle testene ble gjennomført på samme tid av døgnet ± 2 timer for å unngå påvirkninger av døgnrytmen. Væske- og matinntak før og underveis i pretest ble replikert til resterende testdager. Oksygenanalysatorene (Oxycon Pro, Erich Jaeger, Hoechberg, Tyskland) og sykkelergometerne (Lode Excalibur Sport, Lode B, V., Groningen, Nederland og Tacx NEO 2T smart T2875, Garmin, Olathe, USA) ble tildelt hver deltaker ved pretest og replikert til resterende testdager.

**2.4 Styrketest**

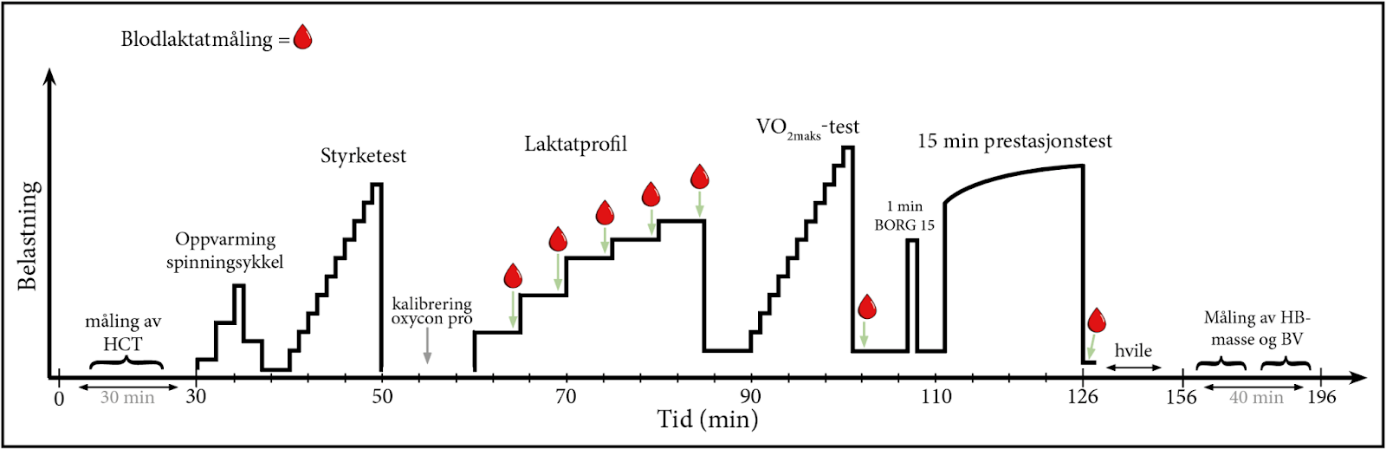
Etter en standardisert oppvarming basert på opplevd anstrengelse (BORG, 1998) på spinningsykkel (2 min 11 BORG → 2 min 13 BORG → 1 min 15 BORG → 2 min 12 BORG) gjennomførte deltakerne en standardisert 10 repetisjons benpresstest programmert fra leverandør (Keiser AIR300 Leg Press, Keiser Corporation, Fresno, USA). Utgangsposisjon for testen var sittende, med femur vinkelrett mot underlaget. De individuelle seteposisjonene ble standardisert ved pretest og replikert til resterende testdager. Testen var estimert til å være omtrent 10 repetisjoner, hvor motstanden på den tiende repetisjonen var enten 250kg eller 280kg avhengig av kroppsvekt (Tabell 2). Motstanden på, og pauser mellom repetisjoner ble gradvis større for hver repetisjon frem til maksimal utmattelse var nådd. Den teoretisk maksimale kraften (kraftmaks i Newton) og maksimale effekten (effektmaks i watt) ble kalkulert med kvadratisk polynomial regresjon basert på forholdet mellom kraft og effekt (Colyer et al., 2018).

**Tabell 2** Testprotokoll for styrketest

Merknader: kroppsvekten til deltakerne bestemte motstanden under repetisjonene som vist i tabellen.

**2.5 Laktatprofil**

Sykkeltestingen ble gjennomført på LODE sykkelergometer. Sittestillingen ble individuelt tilpasset på pretest og replikert til resterende testdager. Varigheten på belastningstrinnene var 5 min med en trinnvis økning på 50 W inntil [BLa-] på 2.0 mmol∙L-1 ble registrert, deretter økte belastningen trinnvis med 25 W (Figur 3). Testen ble avsluttet med [BLa-] ≥ 4.0 mmol∙L-1. Første belastningstrinn var 175 W med selvestimert terskelwatt > 325 W eller 125 W med terskelwatt < 325 W. Deltakernes belastningstrinn ved pretest ble replikert til resterende testdager, men tilpasset til å nå 4 mmol∙L-1 i [BLa-]. Oksygenopptak (VO2), ventilasjon (VE), pustefrekvens (BF), og respiratorisk utvekslingskvotient (RER) verdier ble målt mellom 2 og 4,5 min av hvert belastningstrinn av Oxycon Pro (30 sek målinger) med miksekammer. Hjertefrekvens (HF) og kadens (RPM) ble notert ned hvert 30 sekund. I dataanalysen blir respektive variabler kalkulert som gjennomsnittet av alle målinger for hvert belastningstrinn, med unntak av RER som ble kalkulert som gjennomsnittet av målinger mellom 3,5 - 4,5 min. RPM-verdiene ved pretest ble replikert til resterende testdager. Etter 4,5 min ut i hvert belastningstrinn oppga BORG og blodprøver ble tatt fra fingertuppene til deltakerne. Blodprøvene ble analysert for [BLa-] med Biosen (EKF Diagnostic GmbH, Barlebe, Tyskland). Gasskalibrering og volumkalibrering ble gjort før laktatprofilen for hver deltaker. Gasskalibrering ble gjort med en sertifiserte kalibrasjonsgass med en gitt konsentrasjon. Turbinen i maskinen (Triple V, Erich Jaeger, Hoechberg, Tyskland) ble kalibrert med bruk av en 3 liter, 5530 serie, kalibreringspumpe (Hans Rudolph, Kansas City, USA). Samme system ble brukt for VO2maks-test og 15 min time trial. Effektutvikling ved 4 mmol∙L-1 [BLa-] (Wlaktatterskel) ble kalkulert ut ifra sammenhengen mellom [BLa-] og wattbelastning ved bruk av lineær regresjon mellom den nærmeste wattbelastningen over og under 4.0 mmol∙L-1 [BLa-]. Utnyttingsgrad ved Wlaktatterskel ble kalkulert som VO2 på Wlaktatterskel delt på VO2maks multiplisert med 100. [GE] kalkuleres med Peronnet og Massicotte`s ligning (Peronnet & Massicotte, 1991) fra VO2 og CO2 målinger ved belastningstrinnene 175 W og 225 W.

**Figur 3** Oversikt over Testdag 1 

Forkortelser: HCT, hematocrit; laktatprofil,  blodlaktatprofil (Bla-); VO2maks-test, test av det maksimale relative oksygenopptaket; HBmasse, totale hemoglobinmasse; BV,  blodvolum.

merknader: Belastning på Y-aksen henviser til de relevante målingenhetene; Opplevd anstrengelse (BORG) på oppvarming og watt på laktatprofil, VO2maks-test og 15 min prestasjonstest..

**2.6 VO2maks-test**  
Etter laktatprofilen, fikk deltakerne 5 min aktiv restitusjon før de gjennomførte en VO2maks test. Startbelastning var på 200 W ved Wlaktatterskel < 325 W eller 250 W ved Wlaktatterskel > 325 W. Wattbelastningen økte med 25 W hvert minutt og økte frem til maksimal utmattelse var nådd. Maksimal utmattelse ble definert som manglende evne til å opprettholde en RPM ≤ 60. RPM gjennom testen var ellers valgfri. VO2maks ble kalkulert som gjennomsnittet av de to høyeste påfølgende VO2 målinger (30 sek målinger). HFmaks ble kalkulert som høyeste 1 sek måling på forsøkspersonenes egen sykkelcomputer. Wmaks ble kalkulert som gjennomsnittlig wattbelastning fra det siste minuttet av testen. Deltakerne oppga en opplevd anstrengelses verdi (BORG) umiddelbart etter endt test. Blodprøver fra fingertuppene ble tatt 60 sekunder etter endt test for måling av [BLa-].  
  
**2.7 15 min prestasjonstest**

Etter VO2maks testen, fikk deltakerne 6 min aktiv restitusjon etterfulgt av en arbeidsperiode på ett minutt tilsvarende BORG ~15 etterfulgt av 3 min ytterligere aktiv restitusjon, før de gjennomførte en 15 min prestasjonstest. Deltakerne ble instruert til å oppnå høyest mulig gjennomsnitt watt gjennom prestasjonstesten og startbelastningen ble satt deretter. RPM var valgfritt, og deltakerne kunne justere wattbelastning manuelt (hvert 30 sekund) med en ekstern kontrollenhet plassert ved siden av sykkelstyret på LODE sykkelergometer. Verbal oppmuntring ble gitt kontinuerlig underveis i testen for å nå maksimal utmattelse. VO2, VE, BF, og RER verdier ble målt gjennom hele testen med Oxycon Pro (30 sek målinger). RPM og HF ble notert hvert 30 sekund. Deltakerne oppga BORG umiddelbart etter endt test. Blodprøver fra fingertuppene ble tatt 60 sekunder etter endt test for måling av [BLa-]. Prestasjonen ble målt som gjennomsnittet av alle wattmålinger underveis i testen (W15tt).

**2.8 Hematologiske målinger**

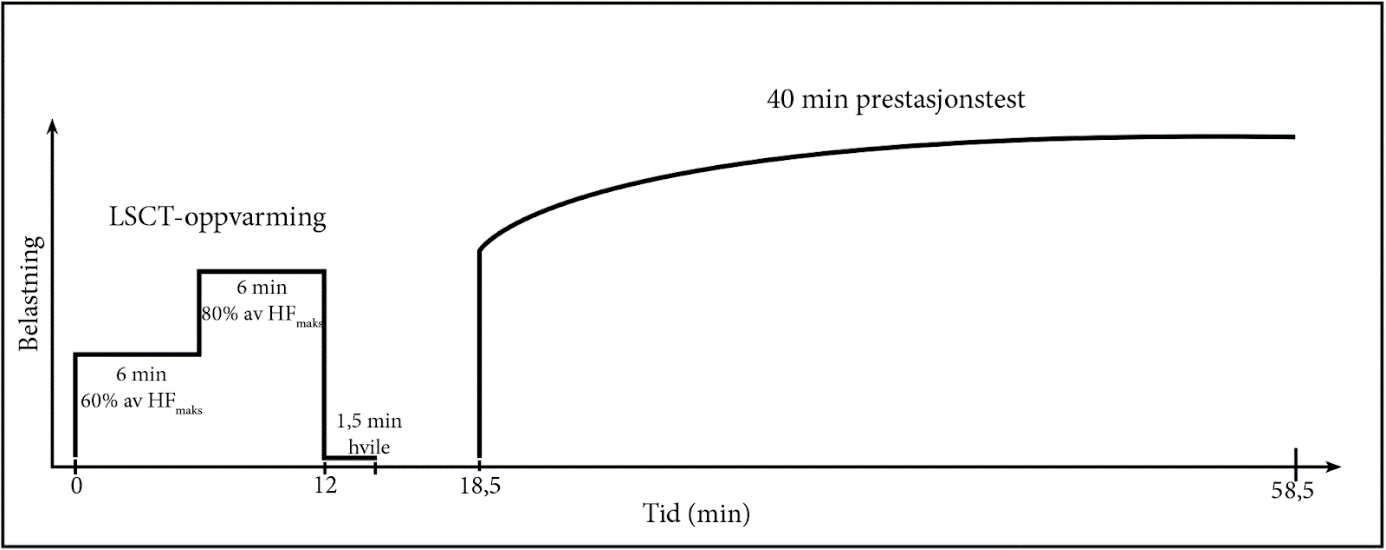
Etter 15 min prestasjonstesten, fikk deltakerne 30 min stillesittende pause før de gjennomførte målinger av HBmasse. Karbonmonoksid (CO) gjenpusting-metoden (Siebenmann et al., 2017) ble brukt til å måle HBmasse. Deltakerne lå i en vertikal posisjon med bena hevet i 15 min før tre blodprøver fra fingertuppene ble tatt og analysert for prosentandel karboksyhemoglobin (%HbCO) og [Hb] (ABL830 FLEX CO-OX analyzer, Radiometer, Copenhagen, Danmark). Deretter pustet deltakerne gjennom et munnstykke i et lukket system (CO-Applikator, WGT Elektronik CmbH & Co KG, Kolsass, Østerrike) i et min før en dose på 1,5 ml (kg kroppsvekt)-1 med 99,997% kjemisk ren CO (Carbon monoxide 100%, AGA, Oslo, Norge) ble tilført systemet. Deltakerne lå og pustet O2-CO blandingen i ytterligere seks min. For å analysere gjenværende CO volum i systemet ble deltakerne instruert om å ekshalere maksimalt før munnstykket ble tatt ut (Dräger Pac 5500, Dräger INC., Houston, USA). Deltakerne lå så stille og pustet uten munnstykke i fire min før tre nye blodprøver fra fingertuppene ble tatt og analysert for %HbCO. Den absorberte CO dosen og endringen i %HbCO ble brukt til å kalkulere total Hbmasse. Total Hbmasse, HCT og [Hb] ble brukt til å kalkulere RBCV, blodvolum og PV (Siebenmann et al., 2017). Hele CO rebreathing-metoden ble gjennomført to ganger, hvor de hematologiske variablene ble kalkulert som gjennomsnittet fra begge målingene.

I begynnelsen av Testdag 1 (Figur 1) ble mikrohematokrit-metoden (Mondal & Lotfollahzadeh, 2022) brukt for måling av HCT. Deltakerne drakk 300 ml vann og lå i en vertikal posisjon med bena hevet i et min før det ble fylt tre 75 mm kapillærrør med blod fra fingertuppene, som videre ble sentrifugert av en mikrosentrifuge (Heraeus PICO 17 Hematokritrotor, Thermo Electron LED GmbH, Osterode, Tyskland) på 13 500 RPM i 4 min. Disse tre blodprøvene ble analysert manuelt mot et HCT kort hvor gjennomsnittet av de tre målingene ble brukt i dataanalysen. Videre ble det tatt tre ytterligere blodprøver, analysert av (ABL800 FLEX analysator, Radiometer, Copenhagen, Danmark), for bestemmelse av [Hb] som ble brukt til utregning av RBCV, blodvolum og PV.

**2.9 40 min prestasjonstest**

Den påfølgende dagen (T2) ble det gjennomført en 40 min prestasjonstest på egne sykler med Tacx NEO sykkelergometer. Oppvarmingen bestod av Lamberts and Lambert Submaximal Cycle test (LSCT) som innebar 6 min sykling på 60% av HFmaks (definert fra VO2maks-test på pretest) og 6 min sykling på 80% av HFmaks etterfulgt av 1,5 min hvile hvor deltakerne ble instruert om å sitte helt stille uten å drikke, sykle eller prate (Figur 3) (Lamberts et al. 2009d). Under LSCT ble målinger av VO2, VE, BF og RER tatt med Oxycon Pro (30 sek målinger). Før testen ble deltakerne instruert om å forsøke og oppnå høyest mulig gjennomsnittswatt og startbelastningen ble satt deretter. RPM var valgfritt og deltakerne kunne selv styre wattbelastningen via en testleders smarttelefon med Tacx-appen sin “Power output”-funksjon. Verbal oppmuntring ble gitt kontinuerlig underveis i testen for å nå maksimal utmattelse. Garmin Edge 530 Computer (Garmin) ble synkronisert med Tacx NEO for registrering av 3 sek wattmålinger og 1 sek HF målinger. Blodprøver ble tatt fra deltakernes fingertupper ved 5, 10, 18, 26, 34 og 41 min for analysering av [BLa-] med Biosen. Prestasjonen ble målt som gjennomsnittet av alle wattmålinger underveis i testen. Den gjennomsnittlige wattbelastningen

fra 40 min prestasjonstesten (W40tt) blir videre brukt som referanse til de påfølgende HIT-øktene.

****

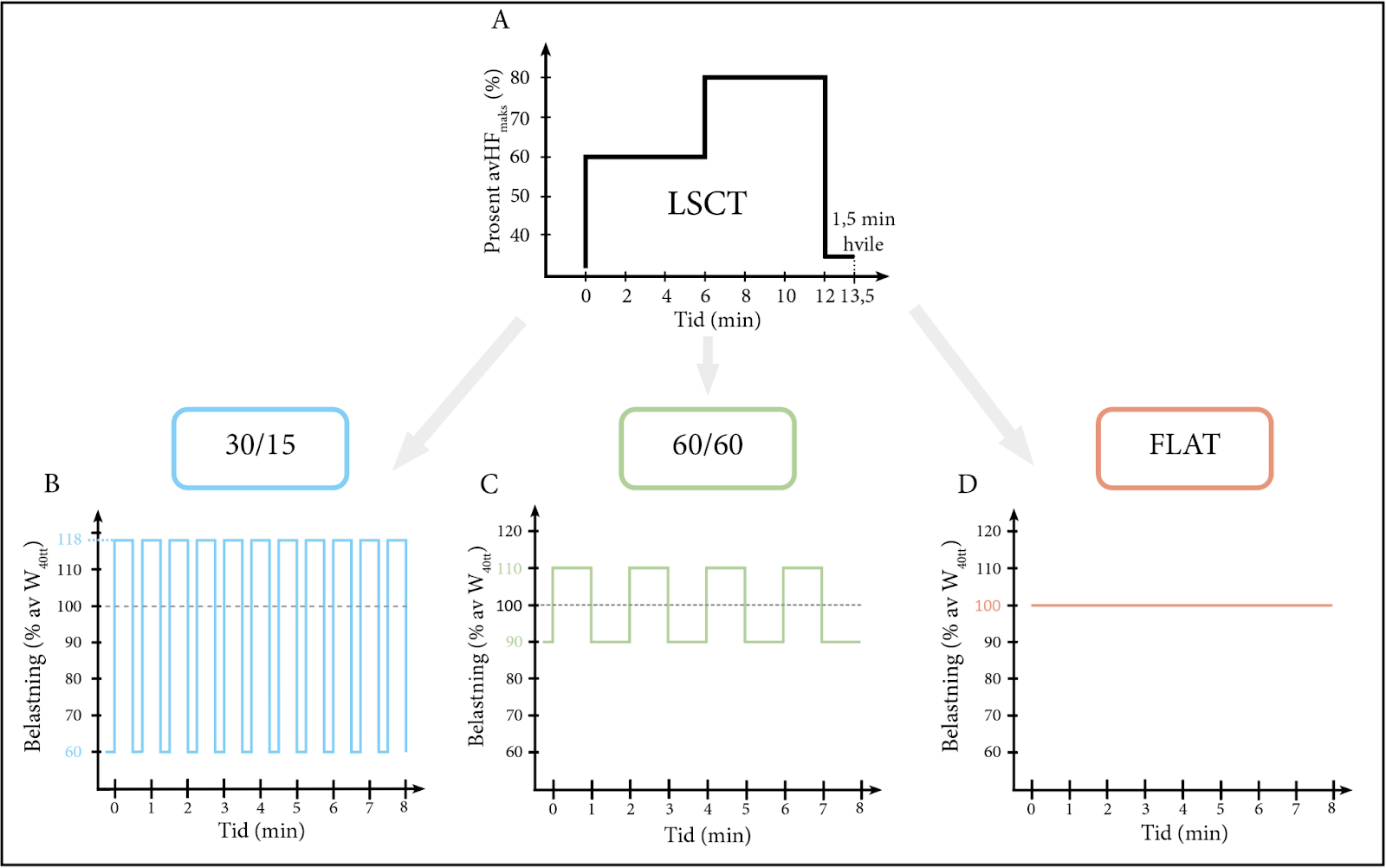
**Figur 4** Oversikt over Testdag 2

Forkortelser: LSCT, Lamberts and Lamberts Submaximal Cycling Test som oppvarming;

Merknader: Belastning på Y-aksen henviser til de relevante målingsenhetene; HFmaks, maksimal hjertefrekvens på oppvarming,  og watt på 40 min prestasjonstest.

**2.10 HIT-økter**

Før alle HIT-økter gjennomførte deltakerne LSCT uten VO2-målinger som oppvarming. Alle HIT-økter (5 x 8 min intervaller) hadde identisk gjennomsnittlig wattbelastning (100% av W40tt fra den foregående 40 min prestasjonstesten), men distribueringen av wattbelastningen innad i arbeidsintervallene var forskjellig for de tre protokollene. Hver 8-min arbeidsintervall i 30/15 protokollen besto av 11 x 30 sekunders arbeidsperioder på 118% av W40tt skilt av 15 sekunders aktiv restitusjon på 60% av W40tt. Hver 8-min arbeidsintervall i 60/60 protokollen besto av 8 x 60 sekunders vekslende arbeidsperioder på 110- og 90% av W40tt respektivt. Hver 8-min arbeidsintervall i FLAT protokollen besto av 8 min sammenhengende på 100% av W40tt. Pausene mellom hver arbeidsintervall for alle protokollene var 3 min aktiv sykling på 30% av W40tt for å sikre tilstrekkelig restitusjon samt tid til å hydrere. (Figur 5).

**Figur 5** Oversikt over oppvarming og de tre ulike HIT-øktene

Forkortelser: LSCT, Lambert and Lamberts Submaximal Cycling Test; HFmaks, maksimal hjertefrekvens; W40tt, gjennomsnittlig effektutvikling på 40 min prestasjonstest; 30/15, elleve 30-sekunders arbeidsperioder på 118% av skilt av 15 sekunders aktiv restitusjon på 60% av W40tt; 60/60, vekslende ett minutt på 110- og 90% av W40tt i 8 minutter; FLAT, åtte minutter på 100% av W40tt.

Merknader: Grå stiplet linje er gjennomsnittsbelastning(W) for hvert intervalldrag (100% av W40tt). Alle økttypene gjennomføres som 5x8 min-intervaller med 3 min pause mellom hvert drag

Alle HIT-økter ble gjennomført på egen sykkel koblet til Tacx NEO sykkelergometer. Alle intervall-protokoller med tilhørende intensitet ble lagret og styrt automatisk via tilhørende Tacx app på mobilen. RPM underveis i HIT-økter var valgfritt. Opplevd anstrengelse (BORG) samt blodprøver fra fingertuppene for måling av [BLa-] ble oppgitt/tatt direkte etter endt arbeidsintervall. Opplevd anstrengelse (BORGsnitt) og blodlaktatkonsentrasjon (Laktatsnitt) fra HIT-økter ble kalkulert som gjennomsnittet av alle respektive målinger. Garmin ble synkronisert med Tacx NEO for registrering av 3 sek wattmålinger og 1 sek HF målinger. VO2, VE, BF, og RER verdier ble målt gjennom alle arbeidsintervaller med Oxycon Pro (10 sek målinger). Oxycon Pro ble kalibrert (som forklart under Laktatprofil) før hver deltaker begynte første arbeidsintervall. Det gjennomsnittlige oksygenopptaket (VO2snitt) er kalkulert som gjennomsnittet av alle VO2-målinger fra de siste 6 minuttene av alle arbeidsintervaller gjennom hele intervensjonen i % av VO2maks fra foregående VO2maks-test. Gjennomsnittet fra de siste 6 minuttene ble brukt for å mer presist reflektere det stabile oksygenopptaket deltakerne trente på under HIT-øktene.

**2.11 Dataanalyse**

All datainnsamling ble gjort i Excel (versjon 2203), videre databearbeiding og statistiske analyser ble gjort i R (versjon 4.1.1). Ved tap av VO2 data under HIT-øktene ble samme tidsperiode på forrige intervalldrag brukt som estimat. Totalt ble ~3.8% av VO2snitt-dataen estimert. For å mer nøyaktig reflektere deltakernes prestasjonsstatus ble en prestasjonsindeks regnet ut. Indeksen ble kalkulert som gjennomsnittet av de viktigste prestasjonsindikatorene (Wlaktatterskel, Wmaks og W15tt målt i W∙kg-1) etter normalisering (xi/den høyeste verdien for prestasjonsindikatoren, hvor xi er en individuell verdi fra en av prestasjonsindikator). Treningsimpuls (TRIMP) ble brukt til å kalkulere den totale treningsbelastningen fra 9-ukers treningsperioden. Basert på puls- eller wattmålinger ble summen av all treningstid (min) i intensitetssonene (sone 1-3) multiplisert med en faktor på 1-3 respektivt (Banister et al, 1999). Intensitetsskalaen 1-3 er en komprimert utgave av Olympiatoppens intensitetskala 1-8 (Olympiatoppen, 2021) hvor sone 1-2 tilsvarte sone 1, sone 3 tilsvarte sone 2 og sone 4-5 tilsvarte sone 3.

For å undersøke reliabiliteten tilknyttet VO2snitt-dataen ble en blandet effekt regresjonsmodell med fast effekt (deltakere) og tilfeldig effekt (HIT-økter) brukt for kalkulering av intraklasse-korrelasjon (ICC). For å estimere sammenhengen mellom VO2snitt og prestasjonsindeks, VO2maks, Wmaks, Wlaktatterskel, W15tt, W40tt, blodvolum og HBmasse ble en multippel lineær regresjonsmodell benyttet med absolutt endring fra pretest til posttest som avhengig variabel. VO2snitt,verdien ved pretest og endring i kroppsvekt (Δ kroppsvekt) er spesifisert som uavhengige variabler. En multippel lineær regresjonsmodell ble i tillegg brukt til å estimere sammenhengen mellom absolutt endring i Wlaktatterskel (% av VO2maks) og GE på 175- og 225 W, med absolutt endring som avhengig variabel. VO2snitt og verdien ved pretest  ble benyttet som uavhengige variabler. Grafer med residual og predikerte verdier ble visuelt inspisert for vurdering av antagelsene om homoskedastisitet og normalfordeling av residualer. Antagelsen om multikollinearitet ble undersøkt med utregning av en variansinflasjonsfaktor, hvor verdier < 5 ble beholdt i modellen (Fox & Monette, 1992). Modellen ble undersøkt for innflytelsesrike verdier ved visuell inspeksjon av graf med residualer mot innflytelse. Sammenhengen mellom VO2snitt og belastningsindikatorene Laktatsnitt og BORGsnitt, ble estimert med en enkel lineær regresjonsmodell med respektive belastningsindikatorer som avhengig variabel og VO2snitt som uavhengig variabel. En enkel lineær regresjonsmodell ble også brukt til å estimere sammenhengen mellom VO2snitt og utnyttingsgrad av av VO2maks på Wlaktatterskel ved pretest. Antagelsene for de enkle lineære regresjonsmodellen ble undersøkt på samme måte som for den multiple lineære regresjonsmodellen foruten antagelsen om multikollinearitet. Endringer i variabler fra pre- til posttest ble testet med en paret t-test. Endringene ble testet for normalfordeling med Shapiro-Wilks test og visuelt inspisert med Q-Q (kvantil-kvantil) grafer, ved uoverensstemmelser ble Wilcox test benyttet for pre- til posttesting.

All beskrivende data er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik om ikke annet er spesifisert. Nivået til statistisk signifikans ble satt til α = 0.05.

**3.0 Resultater**

VO2snitt-dataen varierte mellom deltakere fra 77.1% - 93.7% (Tabell 3). Reliabiliteten tilknyttet VO2snitt-dataen var moderat stor ICC = 0.62, CI 95% [0.47, 0.79] (Koo & Li, 2016) som indikerer at 62% av den totale variasjonen skyldes forskjeller mellom deltakerne. Overordnet viser endringsdata fra treningsintervensjonen (Tabell 4) en generell forbedring i fysiologiske- og prestasjonsvariabler fra pre- til posttest. Dette gir grunnlag for videre testing av effekten treningsintensitet (VO2snitt) har på endring i fysiologiske- og prestasjonsvariabler.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tabell 3** Treningsdata fra 9-ukers treningsintervensjonen | | | | | |
|  | N | GJ. Snitt ± SD |  | Min | Maks |
|  | | | | | |
| ***HIT-økter*** |  |  |  |  |  |
| VO2snitt (% av VO2maks) | 19 | 85.9 ± 4.3 |  | 77.1 | 93.7 |
| HFsnitt (% av HFmaks) | 19 | 89.5 ± 1.3 |  | 86 | 91 |
| Laktatsnitt (mmol·L-1) | 19 | 5.8 ± 1.4 |  | 3.0 | 8.5 |
| BORGsnitt (6-20) | 19 | 16.2 ± 1.0 |  | 14.2 | 18.1 |
| ***All trening*** |  |  |  |  |  |
| Total trening (timer) | 19 | 78.3 ± 25.0 |  | 45.0 | 129.0 |
| Total utholdenhetstrening (timer) | 19 | 74.7 ± 24.7 |  | 32.9 | 129.0 |
| Total styrketrening (timer) | 19 | 3.7 ± 4.7 |  | 0 | 15.9 |
| ***Utholdenhetstrening*** |  |  |  |  |  |
| Antall økter | 19 | 54.3 ± 14.1 |  | 29 | 95 |
| Andel sykling (%) | 19 | 84.7 ± 8.3 |  | 53.3 | 93.4 |
| Andel løp (%) | 19 | 7.1 ± 3.6 |  | 0 | 16.1 |
| Andel ski (%) | 19 | 0.1 ± 0.4 |  | 0 | 1.8 |
| Zone 1 (timer) | 18 | 50.4 ± 22.7 |  | 16.5 | 98.0 |
| Zone 2 (timer) | 18 | 9.9 ± 3.1 |  | 2.0 | 15.2 |
| Zone 3 (timer) | 18 | 16.7 ± 2.6 |  | 12.0 | 29.4 |
| TRIMP (vv) | 18 | 7218 ± 1511 |  | 4709 | 10680 |
| ***Styrketrening*** |  |  |  |  |  |
| Antall økter | 19 | 3.7 ± 4.8 |  | 0 | 16 |
| Andel maksimal styrketrening (%) | 19 | 15.6 ± 33 |  | 0 | 100 |
| Andel generell styrketrening (%) | 19 | 47.6 ± 48.3 |  | 0 | 100 |
|  | | | | | |

Forkortelser: HIT, høyintensitetstrening; VO2snitt, gjennomsnittlig VO2 fra de siste 6 minuttene av alle intervalldrag og økter;

VO2maks, det maksimale relative oksygenopptaket; HFsnitt, gjennomsnittlig hjertefrekvens fra de siste 6 minuttene av alle

Intervalldrag og økter; HFmaks, den maksimale hjertefrekvensen; Laktatsnitt, gjennomsnittlig blodlaktatkonsentrasjon fra alle

Alle intervalldrag og økter; BORGsnitt, gjennomsnittlig opplevd anstrengelses verdi (BORG 6-20) fra alle intervalldrag og økter;

TRIMP, total treningsimpuls av utholdenhetstrening under intervensjonen; vv, vilkårlig verdi; N, antall observasjoner.

Merknad: en deltaker ble ekskludert i utregning av TRIMP ettersom han mislyktes i å loggføre treningstid i intensitetssoner under intervensjonen

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tabell 4** Fysiologiske- og prestasjonsvariabler før (pre) og etter (post) 9-ukers  treningsintervensjon. | | |  |
|  | Pretest | Posttest | Absolutt endring |
|  | GJ. Snitt ± SD | GJ. Snitt ± SD | GJ. Snitt [CI 95%] |
|  | | |  |
| Kroppsvekt (kg) | 73.9 ± 7.9 | 73.8 ± 7.7 | -0.1 [-0.8, 0.7] |
| VO2maks(mL·min-1·kg-1) | 68.7 ± 5.4 | 72.4 ± 4.9 | 3.7 [2.3, 5.2]\* |
| Wlaktatterskel (% av VO2maks) | 82.9 ± 5.4 | 80.8 ± 5.2 | -2.1 [-3.9, -0.2]\* |
| GE 175 W (%) | 18.8 ± 0.8 | 19.3 ± 0.9 | 0.5 [0.1, 0.9]\* |
| GE 225 W (%) | 19.7 ± 0.7 | 20.2 ± 0.7 | 0.5 [0.2, 0.8]\* |
| Wmaks (W·kg-1) | 5.9 ± 0.5 | 6.3 ± 0.5 | 0.4 [0.3, 0.5]\* |
| Wlaktatterskel (W·kg-1) | 4.2 ± 0.4 | 4.4 ± 0.6 | 0.2 [0.1, 0.3]\* |
| W15tt (W·kg-1) | 4.4 ± 0.5 | 4.6 ± 0.6 | 0.2 [0.1, 0.3]\* |
| W40tt (W·kg-1) | 3.9 ± 0.4 | 4.1 ± 0.4 | 0.2 [0.1, 0.3]\* |
| Prestasjonsindeks (vv) | 0.77 ± 0.07 | 0.81 ± 0.09 | 0.04 [0.03, 0.06]\* |
| ***Hematologi*** |  |  |  |
| Blodvolum (mL·kg-1) | 85.9 ± 6.6 | 86.6 ± 6.4 | 0.7 [-1.4, 2.8] |
| HBmasse (g·kg-1) | 13.3 ± 0.9 | 13.3 ± 1.1 | 0.0 [-0.2, 0.2] |
| ***Muskelstyrke*** |  |  |  |
| Kraftmaks (N) | 2191 ± 384 | 2121 ± 426 | -70 [-140, 1] |
| Effektmaks (W) | 1361 ± 290 | 1292 ± 287 | -69 [-110, 29]\* |
|  | | |  |

Forkortelser: VO2maks, det maksimale relative oksygenopptaket; Wlaktatterskel, effektutvikling på 4 mmol·L- [Bla-];

GE, mekanisk effektivitet; Wmaks, maksimal aerob effekt; W15tt, gjennomsnittlig effektutvikling på 15-min-tt;

W40tt, gjennomsnittlig effektutvikling på 40 min prestasjonstest; HBmasse, relativ hemoglobinmasse;

Kraftmaks, maksimal kraftutvikling fra beinpress-test; Effektmaks, maksimal effektutvikling fra beippress-test;

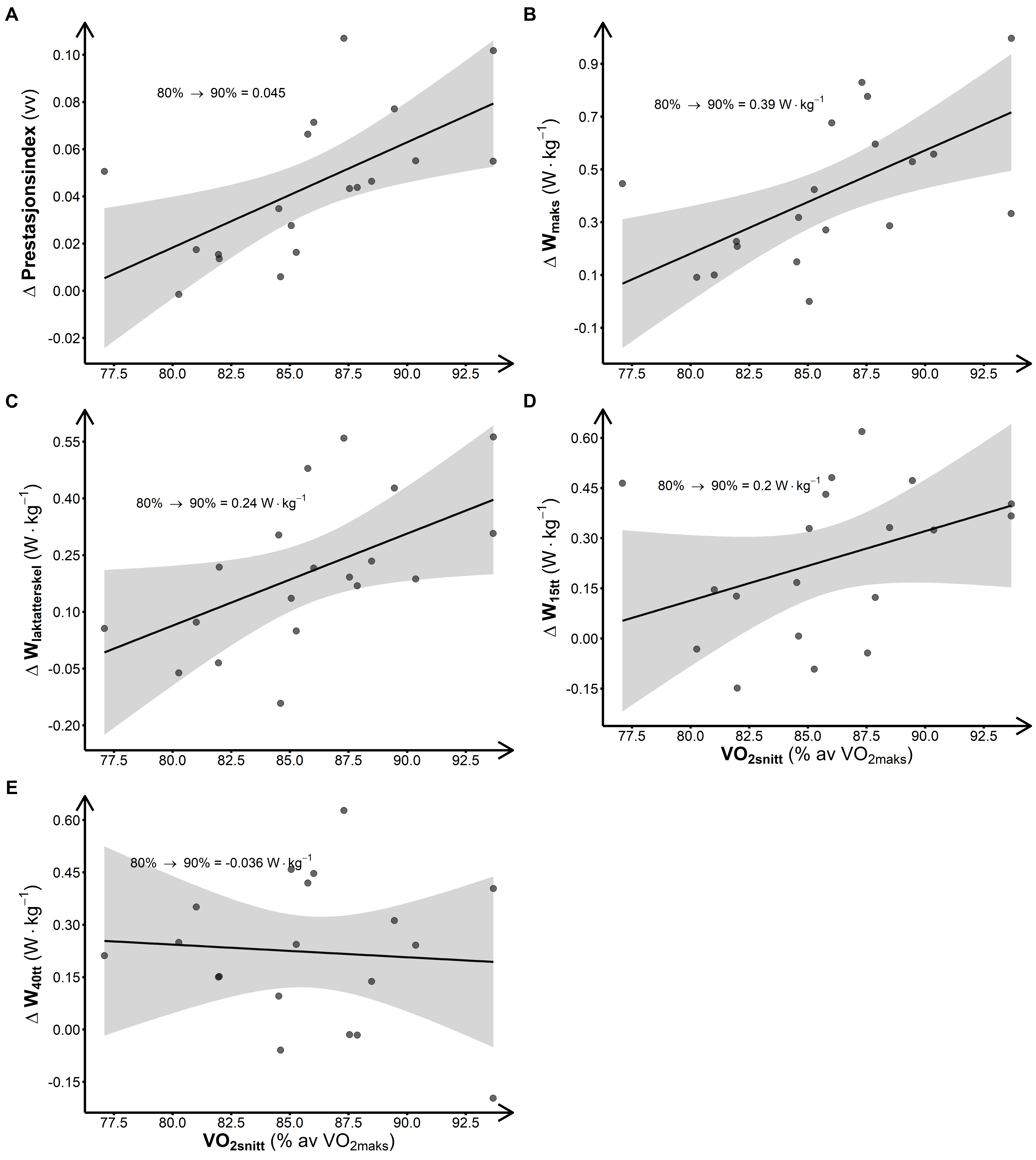
vv, vilkårlig verdi.

Merknader: \* indikerer en signifikant endring fra pre- til posttest.

**3.1 Effekten av VO2snitt på endring i prestasjonsvariabler**

Vi så en forbedring fra pre- til posttest i prestasjonsindeks (Δ prestasjonsindeks), Wmaks (Δ Wmaks) og Wlaktatterskel (Δ Wlaktatterskel) på hhv 0.04 vv [0.03, 0.06], 0.4 W∙kg-1 [0.3, 0.5] og 0.2 W∙kg-1 [0.1, 0.3] (Tabell 4). Vi så også en positiv sammenheng mellom VO2snitt på HIT-økter og Δ prestasjonsindeks, Δ relativ Wmaks og Δ relativ Wlaktatterskel (Tabell 5 og Figur 6). Dette ga en estimert skår for Δ prestasjonsindeks på 0.0045 vv [0.00, 0.01], Δ Wmaks på 0.039 W∙kg-1 [0.02, 0.06] og Δ Wlaktatterskel på 0.024 W∙kg-1 [0.00, 0.05] for hver prosent økning i VO2snitt. Disse estimerte skårene gir oss et utgangspunkt til å predikere treningseffekten av VO2snitt. Dette indikerer for eksempel at en økning i VO2snitt fra 80% → 90% gir en ytterligere estimert endring for prestasjonsindeks, Wmaks og Wlaktatterskel på hhv 0.045 vv, 0.39 W·kg-1 og 0.24 W·kg-1.

Vi så en forbedring fra pre- til posttest i W15tt (Δ W15tt) på 0.2 W∙kg-1 [0.1, 0.3] og W40tt (Δ W40tt) på 0.2 W∙kg-1 [0.1, 0.3] (Tabell 4). Vi fant ingen videre sammenhenger mellom VO2snitt på HIT-økter og Δ W15tt eller Δ W40tt (Tabell 5 og Figur 6), med en estimert skår på 0.02 W∙kg-1 [-0.01, 0.05] og -0.0036 W∙kg-1 [-0.03, 0.02] for hver prosent økning i VO2snitt respektivt.



**Figur 6** Sammenhengen mellom endring fra pre- til posttest i A: prestasjonsindeks, B: Wmaks, C: Wlaktatterskel, D: W15tt, E: W40tt og VO2snitt under HIT øktene.

Forkortelser: VO2maks, det maksimale relative oksygenopptaket; Wlaktatterskel, effektutvikling på 4 mmol·L- [Bla-]; Wmaks, maksimal aerob effekt; W15tt, gjennomsnittlig effektutvikling på 15 min prestasjonstest; W40tt, gjennomsnittlig effektutvikling på 40 min prestasjonstest; VO2snitt, gjennomsnittlig VO2 fra de siste 6 minuttene av alle intervalldrag og økter; vv, vilkårlig verdi.

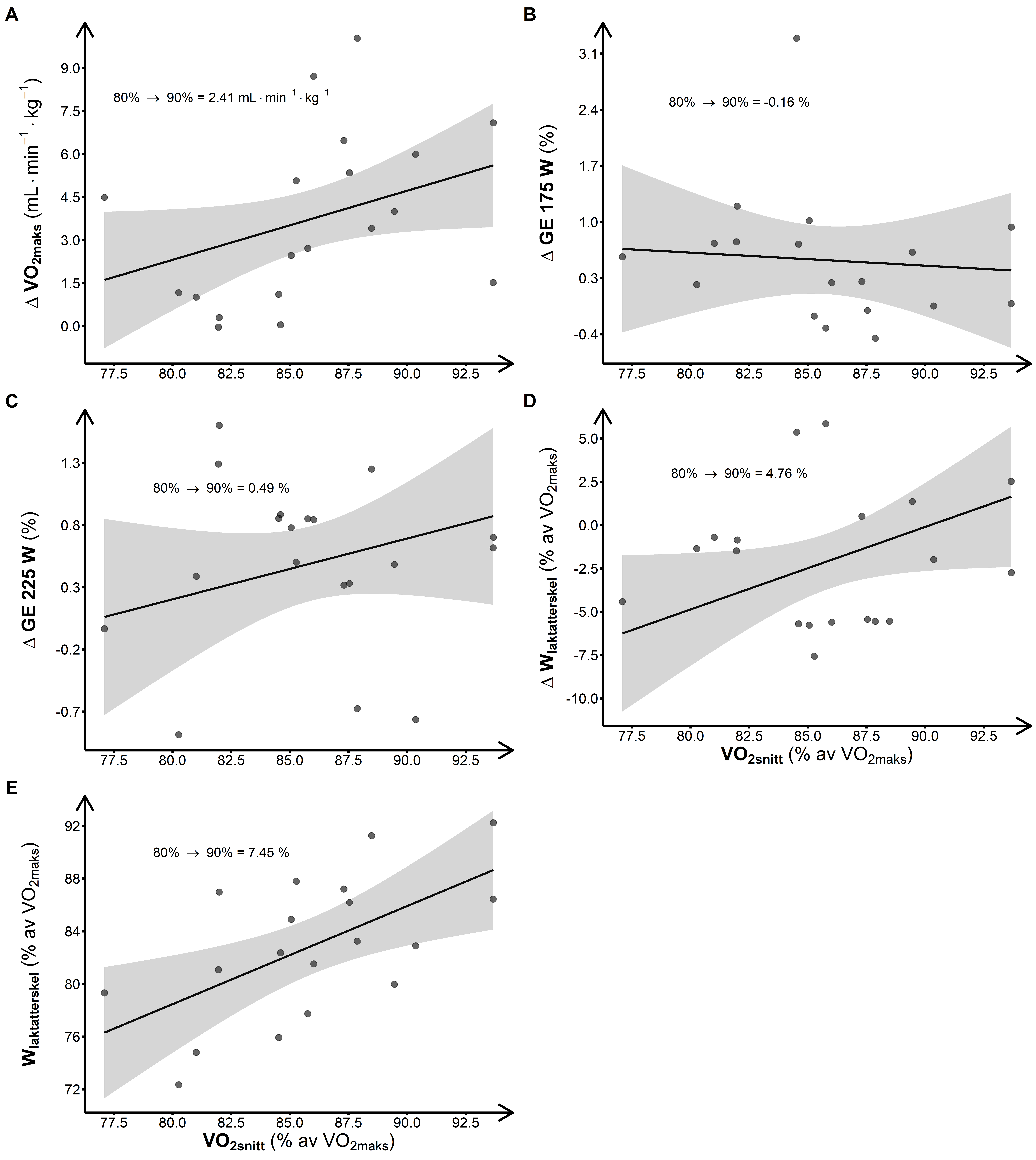
Merknader: 80% → 90% indikerer forskjellen mellom predikert verdi for VO2snitt på 80% til 90%. Linjen indikerer predikert verdi, grå sone indikerer linjens konfidensintervall og punkter indikerer individuelle datapunkter.

**Tabell 5** Multippel lineære regresjonsanalyser av sammenhengen mellom endring i prestasjonsvariabler og VO2snitt under økter.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | | |
|  | Avhengige variabler | | | | |
|  |  | | | | |
|  | ∆ Prestasjonsindeks | ∆ Wmaks | ∆ WLaktatterskel | ∆ W15tt | ∆ W40tt |
|  | | | | | |
| Skjæringspunkt | -0.300\* | -1.891 | -2.159\* | -1.204 | 0.786 |
|  | (-0.514, -0.086) | (-3.855, 0.074) | (-3.712, -0.606) | (-3.089, 0.681) | (-1.135, 2.707) |
|  | p = 0.015 | p = 0.079 | p = 0.016 | p = 0.230 | p = 0.436 |
| **VO2snitt** | **0.004\*** | **0.039\*** | **0.024\*** | **0.021** | **-0.004** |
|  | **(0.002, 0.007)** | **(0.016, 0.062)** | **(0.003, 0.045)** | **(-0.006, 0.047)** | **(-0.030, 0.023)** |
|  | **p = 0.009** | **p = 0.005** | **p = 0.040** | **p = 0.145** | **p = 0.791** |
| Pretest | -0.051 | -0.180 | 0.066 | -0.081 | -0.066 |
|  | (-0.218, 0.116) | (-0.379, 0.019) | (-0.146, 0.278) | (-0.319, 0.158) | (-0.350, 0.217) |
|  | p = 0.557 | p = 0.097 | p = 0.550 | p = 0.518 | p = 0.654 |
| ∆ kroppsvekt | -0.008\* | -0.066 | -0.015 | -0.066 | -0.050 |
|  | (-0.015, -0.001) | (-0.128, -0.004) | (-0.066, 0.036) | (-0.127, -0.005) | (-0.113, 0.013) |
|  | p = 0.043 | p = 0.053 | p = 0.582 | p = 0.051 | p = 0.139 |
|  | | | | | |
| N | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 |
| R2 | 0.526 | 0.533 | 0.408 | 0.329 | 0.155 |
| Justert R2 | 0.432 | 0.440 | 0.290 | 0.195 | -0.014 |
| Residual Standardfeil (df=15) | 0.023 | 0.205 | 0.168 | 0.203 | 0.208 |
| F Statistikk (df = 3; 15) | 5.558\* | 5.709\* | 3.447\* | 2.455 | 0.917 |
|  | | | | | |
| Merknad: | Prestasjonsvariablene er kalkulert som relativ watt (W·kg-1), resultatet vises som (estimat for hver enhet økning i respektiv uavhengig variabel (95% CI), p verdi), Δ indikerer endring fra pre- til posttest for respektiv variabel, \* indikerer signifikant sammenheng p<0.05. | | | | |
| Forkortelser: | Wlaktatterskel, effektutvikling på 4 mmol·L- [Bla-]; Wmaks, maksimal aerob effekt; W15tt, gjennomsnittlig effektutvikling på 15 min prestasjonstest; W40tt, gjennomsnittlig effektutvikling på 40 min prestasjonstest; VO2snitt, gjennomsnittlig VO2 fra de siste 6 minuttene av alle intervalldrag og økter; N, antall observasjoner; R2, bestemmelseskoeffisient; df, frihetsgrader. | | | | |

**3.2 Effekten av VO2snitt på endring i fysiologiske variabler**

Vi så en forbedring fra pre- til posttest i VO2maks (Δ VO2maks), GE 175 W (Δ GE 175 W) og GE 225 W (Δ GE 225 W) på hhv 3.7 mL∙min-1∙kg-1 [2.3, 5.2], 0.5 % [0.1, 0.9] og 0.5 % [0.2, 0.8] (Tabell 4). Fra pre-til posttest så vi derimot en nedgang i utnyttingsgrad av VO2maks på Wlaktatterskel (Δ Wlaktatterskel (% av VO2maks)) på -2.1 % [-3.9, -0.2] (Tabell 4). Videre fant vi tendenser til en positiv sammenheng mellom VO2snitt på HIT-økter og Δ VO2maks og Δ Wlaktatterskel (% av VO2maks) med en estimert skår på hhv 0.241 mL∙min-1∙kg-1 [0.02, 0.47] og 0.476 % [0.034, 0.191] for hver prosent økning i VO2snitt (Tabell 6 og Figur 7). Vi fant ingen videre sammenhenger mellom VO2snitt på HIT-økter og Δ GE 175 W eller Δ GE 225 W med en estimert skår på hhv -0.016 % [-0.117, 0.085] og 0.049 % [-0.028, 0.126] for hver prosent økning i VO2snitt. Det var derimot en positiv sammenheng mellom VO2snitt på HIT-økter og Wlaktatterskel (% av VO2maks) ved pretest med en estimert skår på 0.745 % [0.271, 1.219] for hver prosent økning i VO2snitt (Tabell 6 og Figur 7). Dette indikerer at en høyere utnyttingsgrad av VO2maks på Wlaktatterskel ved pretest var assosiert med et høyere oksygenopptak under HIT-øktene selv med lik wattbelastning (100% av W40tt).



**Figur 7** Sammenhengen mellom endring fra pre- til posttest i A: VO2maks, B: GE på 175 W, C: GE på 225 W, D: Wlaktatterskel (% av VO2maks), C: Wlaktatterskel (% av VO2maks) ved pretest og VO2snitt under HIT øktene.

Forkortelser: VO2maks, det maksimale relative oksygenopptaket; VO2snitt, gjennomsnittlig VO2 fra de siste 6 minuttene av alle intervalldrag og økter; Wlaktatterskel, effektutvikling på 4 mmol·L- [Bla-]; GE, mekanisk effektivitet; W, watt,

Merknader: 80% → 90% indikerer forskjellen mellom predikert verdi for VO2snitt på 80% til 90%. Linjen indikerer predikert verdi, grå sone indikerer linjens konfidensintervall og punkter indikerer individuelle datapunkter.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tabell 6** Multippel- og enkel lineær regresjonsmodell av sammenhengen mellom fysiologiske variabler og VO2snitt under HIT-økter | | | | | |
|  | Avhengige variabler | | | | |
|  |  | | | | |
|  | Δ VO2maks | Δ GE 175 W | Δ GE 225 W | Δ Wlaktatterskel (% av VO2maks) | Wlaktatterskel (% av VO2maks) |
|  | | | | | |
| Skjæringspunkt | -0.763 | 7.876 | 7.641 | 0.880 | 18.896 |
|  | (-24.138, 22.611) | (-2.399, 18.151) | (-0.527, 15.809) | (-30.348, 32.109) | (-21.875, 59.667) |
|  | p = 0.950 | p = 0.154 | p = 0.086 | p = 0.957 | p = 0.377 |
| **VO2snitt** | **0.241** | **-0.016** | **0.049** | **0.476** | **0.745\*** |
|  | **(0.017, 0.466)** | **(-0.117, 0.085)** | **(-0.028, 0.126)** | **(0.034, 0.919)** | **(0.271, 1.219)** |
|  | **p = 0.053** | **p = 0.758** | **p = 0.230** | **p = 0.052** | **p = 0.007** |
| Pretest | -0.237\* | -0.318 | -0.577\* | -0.529\* |  |
|  | (-0.417, -0.057) | (-0.878, 0.242) | (-1.047, -0.107) | (-0.885, -0.174) |  |
|  | p = 0.021 | p = 0.284 | p = 0.029 | p = 0.011 |  |
| Δ Kroppsvekt | -0.956\* |  |  |  |  |
|  | (-1.584, -0.328) |  |  |  |  |
|  | p = 0.010 |  |  |  |  |
|  | | | | | |
| N | 19 | 18 | 19 | 19 | 19 |
| R2 | 0.594 | 0.120 | 0.266 | 0.353 | 0.358 |
| Justert R2 | 0.513 | 0.002 | 0.174 | 0.272 | 0.320 |
| Residual Standardfeil | 2.092 (df = 15) | 0.842 (df = 15) | 0.618 (df = 16) | 3.323 (df = 16) | 4.443 (df = 17) |
| F Statistikk | 7.310\* (df = 3; 15) | 1.019 (df = 2; 15) | 2.893 (df = 2; 16) | 4.356\* (df = 2; 16) | 9.475\* (df = 1; 17) |
|  | | | | | |
| Merknader: | Resultatet vises som (estimat for hver enhet økning i respektiv uavhengig variabel (95% CI), p verdi), Δ indikerer endring fra pre- til posttest for respektiv variabel, \* indikerer signifikant sammenheng p<0.05. | | | | |
| Forkortelser: | VO2maks, det maksimale relative oksygenopptaket; VO2snitt, gjennomsnittlig VO2 fra de siste 6 minuttene av alle intervalldrag og økter; GE, mekanisk effektivitet; W, watt; Wlaktatterskel, effektutvikling på 4 mmol·L- [Bla-]; N, antall observasjoner; R2, bestemmelseskoeffisient; df, frihetsgrader. | | | | |

**3.3 Effekten av VO2snitt på endring i hematologiske variabler**

Vi så ingen endring fra pre- til posttest i verken blodvolum (Δ blodvolum) på 0.2 mL·kg-1 [-2.6, 2.1] eller HBmasse (Δ HBmasse) på 0.1 g·kg-1 [-0.3, 0.2] (Tabell 4). Vi fant heller ingen sammenheng mellom VO2snitt på HIT-økter og Δ blodvolum eller Δ HBmasse, med en estimert skår på hhv 0.245 mL·kg-1 [-0.254, 0.744] og -0.001 g·kg-1 [-0.059, 0.056] for hver prosent økning i VO2snitt (Tabell 7). Dette indikerer at verken treningsintervensjonen eller forskjeller i VO2snitt påvirket de hematologiske variablene i nevneverdig grad.

**Tabell 7** Multippel lineær regresjonsmodellav sammenhengen mellom fysiologiske variabler og VO2snitt under økter etter justering for grunnivå og endring i kroppsvekt

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | | |
|  | Avhengige variabler | | |
|  |  | | |
|  |  | Δ HBmasse | Δ Blodvolum |
|  | | | |
| Skjæringspunkt |  | -4.949 | -10.446 |
|  |  | (-10.722, 0.823) | (-52.429, 31.536) |
|  |  | p = 0.114 | p = 0.633 |
| **VO2snitt** |  | **-0.001** | **0.245** |
|  |  | **(-0.059, 0.056)** | **(-0.254, 0.744)** |
|  |  | **p = 0.961** | **p = 0.354** |
| Pretest |  | 0.164 | -0.235 |
|  |  | (-0.065, 0.392) | (-0.500, 0.030) |
|  |  | p = 0.184 | p = 0.106 |
| ∆ kroppsvekt |  | -0.078 | -0.993 |
|  |  | (-0.226, 0.069) | (-2.273, 0.287) |
|  |  | p = 0.319 | p = 0.153 |
|  | | | |
| N |  | 17 | 17 |
| R2 |  | 0.234 | 0.385 |
| Justert R2 |  | 0.057 | 0.243 |
| Residual Standardfeil (df = 15) |  | 0.408 | 3.561 |
| F Statistikk (df = 3; 15) |  | 1.323 | 2.714\* |
|  | | | |
| Merknader: | De fysiologiske variablene er kalkulert som relative tall i henhold til kroppsvekt, resultatet vises som (estimat for hver enhet økning i respektiv uavhengig variabel (95% CI), p verdi, Δ indikerer endring fra pre- til posttest for respektiv variabel, \* indikerer signifikant sammenheng p<0.05, to deltakere ble fjernet fra hematologiske målinger grunnet feil under datainnsamlingen. | | |
| Forkortelser: | VO2maks, det maksimale relative oksygenopptaket; VO2snitt, gjennomsnittlig VO2 fra de siste 6 minuttene av alle intervalldrag og økter; HBmasse, relativ hemoglobinmasse; N, antall observasjoner; R2, bestemmelseskoeffisient; df, frihetsgrader. | | |

**3.4 Sammenhengen mellom VO2snitt og andre belastningsindikatorer**

Vi så ingen sammenheng mellom VO2snitt under HIT-økter og Laktatsnitt (3.0 - 8.5 mmol∙L-1) med en estimert skår på -0.003 mmol∙L-1 [-0.20, 0.16] eller BORGsnitt (14.2 - 18.1) med en estimert skår på 0.013 [-0.1, 0.1] for hver prosent økning i VO2snitt (Tabell 3 og Tabell 8). Dette indikerer at et høyere oksygenopptak under HIT-øktene til tross for lik wattbelastning (100% av W40tt) ikke var assosiert med en høyere opplevd anstrengelse (BORG) eller [BLa-].

**Tabell 8** Enkel lineær regresjonsanalyse av sammenhengen mellom belastningsvariabler under HIT økter (Laktat og BORG) og VO2snitt under HIT økter

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | | |
|  | Avhengige variabler | | |
|  |  | | |
|  |  | Laktatsnitt | BORGsnitt |
|  | | | |
| Skjæringspunkt |  | 6.09 | 12.976\* |
|  |  | (-7.5, 19.7) | (3.9, 22.0) |
|  |  | p = 0.394 | p = 0.013 |
| **VO2snitt** |  | **-0.003** | **0.037** |
|  |  | **(-0.2, 0.16)** | **(-0.1, 0.1)** |
|  |  | **p = 0.970** | **p = 0.495** |
|  | | | |
| N |  | 19 | 19 |
| R2 |  | 0.0001 | 0.028 |
| Justert R2 |  | -0.059 | -0.029 |
| Residual standardfeil (df = 17) |  | 1.484 | 0.986 |
| F Statistikk (df = 1; 17) |  | 0.001 | 0.487 |
|  | | | |
| Merknader: | Resultatet vises som (estimat for hver enhet økning i respektiv uavhengig variabel (95% CI), p verdi), \* indikerer signifikant sammenheng p<0.05. | | |
| Forkortelser: | VO2snitt, gjennomsnittlig VO2 fra de siste 6 minuttene av alle intervalldrag og økter; Laktatsnitt, gjennomsnittlig blodlaktatkonsentrasjon fra alle intervalldrag og økter; BORGsnitt, gjennomsnittlig opplevd anstrengelses verdi (BORG 6-20) fra alle intervalldrag og økter; N, antall observasjoner; R2, bestemmelseskoeffisient; df, frihetsgrader. | | |

**4.0 Diskusjon**

Hovedfunnene i denne studien var at det ble observert en positiv sammenheng mellom VO2snitt på HIT-økter og utvikling i prestasjonsindeks, Wmaks, Wlaktatterskel. I tillegg ble det observert tendenser til en positiv sammenheng mellom VO2snitt på HIT-økter og utvikling i VO2maks og utnyttingsgrad av VO2maks på Wlaktatterskel.Vi så derimot ingen sammenheng mellom VO2snitt og forbedring i W40tt, W15tt, GE 175 W, GE 225 W, blodvolum eller HBmasse.

**4.1 VO2snitt**

Det ble i denne intervensjonen gjennomført HIT-økter med lik gjennomsnittlig wattbelastning (100% av W40tt). På tross av dette observerte vi en spredning i VO2snitt fra 77.1% - 93.7% mellom deltakerne. Vi så ingen sammenheng mellom VO2snitt og Laktatsnitt eller BORGsnitt under intervallene. Dette indikerer at variasjonene i VO2snitt blant deltakerne gjennom denne intervensjonen ikke kommer av forskjeller i treningsinnsats. Vi kan derimot spekulere om variasjonene mellom deltakernes VO2snitt skyldes individuelle forskjeller i utnyttingsgrad av VO2maks (%) på W40tt. Dette underbygges av den positive sammenhengen mellom VO2snitt på HIT-økter og utnyttingsgrad av VO2maks (%) på Wlaktatterskel ved pretest (p=0.007). I tillegg observerte vi en moderat stor intraklasse-korrelasjon for VO2snitt i denne intervensjonen, som antyder at deltakerne generelt har trent på et oksygenopptak tilsvarende deres VO2snitt jevnt gjennom hele intervensjonen. Den lille variasjonen observert innad i hver deltaker kan være en konsekvens av at det under intervensjonen ble gjennomført tre ulike varianter av 5x8min intervaller som potensielt stimulerer til ulikt VO2snitt (Rozenek et al., 2007; Rønnestad & Hansen, 2016). Likevel kan vi basert på dette anta at en positiv sammenheng mellom VO2snitt og forbedringer i ulike prestasjonsvariabler i stor grad skyldes et høyere oksygenopptak under treningen som kan føre til større treningsadaptasjoner.

**4.2 Prestasjonsindeks**

Vi så i denne studien en positiv sammenheng mellom VO2snitt under HIT-økter og forbedring i prestasjonsindeks (p=0.009). En prestasjonsindeks kan være gunstig i idretter som krever et stort omfang av kvaliteter da indeksen kan gjenspeile utøvernes fysiske nivå bedre enn hva enkeltvariabler gjør alene. Prestasjonsindeksen er kalkulert som gjennomsnittet av de viktigste prestasjonsindikatorene (Wlaktatterskel, Wmaks og W15tt). Disse indikatorene er ansett som gode mål på utholdenhetsprestasjon, da de i stor grad påvirkes av VO2maks, utnyttingsgrad av VO2maks (%), arbeidsøkonomi og til dels anaerob kapasitet (Bassett & Howley, 2000; di Prampero, 1986; Jones & Carter, 2000). Prestasjonen på en 15 min sykkeltempo i allerede utmattet tilstand vil antageligvis også være av relevans for ytelsen i de siste minuttene av en konkurranse (Van Erp & Sanders, 2021). Den positive sammenhengen vi så mellom VO2snitt under HIT-økter og forbedring i prestasjonsindeks er dermed veldig interessant, da enkeltfaktorene i indeksen er vist å være gode indikatorer på prestasjon i konkurranse (Jacobs et al., 2011; Lucía et al., 1998; Noakes et al., 1990).

**4.3 Wlaktatterskel og Wmaks**

Isolert fant vi også en positiv sammenheng mellom VO2snitt under HIT-økter og forbedringer i Wlaktatterskel (P=0.04) og Wmaks (P=0.005). Dette samsvarer med tidligere observasjoner fra lignende studier (Rønnestad et al., 2014; 2020; Turnes et al., 2016). Studien til Turnes et al., 2016 er en av få tidligere studier som faktisk har målt oksygenopptaket under intervalløkter. Til motsetning fra den nåværende studien målte de kun oksygenopptaket under første og siste intervalløkt. Gruppen med antatt høyest VO2snitt viste en signifikant større økning i Wlaktatterskel sammenlignet med gruppen med lavere VO2snitt. Rønnestad et al., 2014; 2020 fant at kortintervallgruppen med estimert høyere VO2snitt, hadde en signifikant større forbedring i Wmaks samt tendenser til større forbedring i Wlaktatterskel. Likevel ser vi i den gjeldende studien, at selv når arbeidsbelastningen var lik (100% av W40tt) førte høyere VO2snitt under øktene til større forbedringer i Wlaktatterskel og Wmaks. Det høyere relative oksygenopptaket under HIT-økter, ga mest sannsynlig større tilpasninger på både sentrale og perifere fysiologiske faktorer (Buchheit & Laursen, 2013; Noakes et al. 1990; Denadai et al. 2006; Almquist et al., 2020). Siden vi kun observerte tendenser til en sammenheng mellom VO2snitt og VO2maks, kan det tyde på at noe av forbedringene av Wlaktatterskel og Wmaks skyldes adaptasjoner av perifere fysiologiske faktorer. Den oksiderende kapasiteten i muskelcellene er svært sentralt for Wlaktatterskel, men kan også bidra for Wmaks hos godt trente utøvere (Joyner & Coyle, 2008; Saltin & Rowell, 1980; Laursen & Jenkins, 2002). Forbedringer i mitokondriekapasitet og funksjon, økt kapillerisering og musklenes bufferkapasitet kan tenkes å være noen av faktorene som blir positivt stimulert av høyere VO2snitt (Fiorenza et al., 2018; Laursen & Jenkins, 2002).

**4.4 W15tt og W40tt**

Vi fant ingen sammenheng mellom VO2snitt og forbedring av verken W15tt (P=0.145) eller W40tt (P=0.791). Dette samsvarer med Stepto et al., 1999 hvor de sammenlignet ulike HIT-økter med forbedringer på en 40km tempo. De så ingen klar sammenheng mellom HIT fra 80 - 100% av Wmaks og forbedringer i 40km tempo, som indikerer at høyere treningsintensitet ikke nødvendigvis ga bedre treningseffekt. Derimot så Rønnestad et al., 2014; 2020 en sammenheng mellom høyere intensitet på HIT og forbedringer på 20- og 40min tempo. Det ble foreslått at den signifikant større forbedringen Rønnestad et al., 2014; 2020 observerte for kortintervallgruppen kunne forklares av et høyere VO2snitt og større muskulært stress under øktene som førte til bedre perifere tilpasninger (Noakes, 1991; Denadai et al., 2006). Det kan derfor tyde på at forskningsfeltet er noe ambivalent. Funnet i den nåværende studien indikerer at høyere VO2snitt under HIT-økter ikke er assosiert med større forbedringer i 15- og 40 min sykkelprestasjon. Det kan tenkes at 15- og 40 min prestasjonstester i enda større grad kan bli påvirket av feilkilder sammenlignet med de andre testene, da utøverne selv må styre wattbelastningen. Gjennomsnittsalderen på deltakerne i studien var også relativt lav (21,9 år), og flere av deltakerne gikk enda på videregående skole med en alder fra 17-19 år. Det krever mye erfaring å gjennomføre en stabilt god sykkeltempo til maksimal utmattelse, ved blant annet disponering av krefter og valg av åpningsbelastning. Flere av deltakerne hadde ingen til liten erfaring med tilsvarende tester tidligere, noe som kan ha ført til større variasjon i deltakernes endring fra pre- til posttest. Mangelen på et signifikant funn i den nåværende studien kan dermed blant annet være en konsekvens av større usikkerhet i endringsdata samt en noe lav utvalgsstørrelse (N = 19). Ifølge sentralgrenseteoremet (Jolliffe, 1995) er ofte en utvalgsstørrelse på ≥ 30 tilstrekkelig for å utligne tilfeldige variabler.

**4.5 VO2maks, utyttingsgrad av VO2maks(%) og arbeidsøkonomi**  
I denne studien observerte vi tendenser til en positiv sammenheng mellom VO2snitt på HIT-økter og utvikling i VO2maks (p=0.053). Basert på observasjoner fra tidligere studier kunne vi forventet en enda tydeligere sammenheng mellom økt VO2snitt og utvikling i VO2maks (Helgerud et al., 2007; Rønnestad et al., 2014; Turnes et al., 2016). Turnes et al., 2016 er en av få studier som har målt oksygenopptak under HIT-økter, selv om de kun målte oksygenopptaket på første og siste økt i intervensjonen. De fant at intervalltypen som stimulerte til mest tid på VO2maks ga en større økning i VO2maks hos trente syklister. I likhet har Rønnestad et al, 2014 sammenlignet kort- og langintervaller standardisert for lik opplevd anstrengelse (BORG). Kortintervallene var estimert til å gi et høyere VO2snitt, som ble diskutert til å potensielt forklare noe av de større adaptasjonene de så i VO2maks. (Rozenek et al., 2007; Rønnestad et al., 2014). For utrente og hobbymosjonister har det også blitt sett en tydelig sammenheng mellom økt intensitet og større utvikling i VO2maks (Gormley et al., 2008; Hottenrott et al., 2012; Matsuo et al., 2014). At vi i denne studien bare så tendenser til en sammenheng mellom VO2snitt på HIT-økter og utvikling i VO2maks kan skyldes et relativt stort sprik i treningsstatusen blant deltakerne (61.3 - 80.4 mL∙min-1∙kg-1 i VO2maks). Ettersom trening på høyere intensiteter ser ut til å være viktig for videre utvikling i VO2maks for allerede godt trente utøvere (Buchheit & Laursen, 2013; Midgley & Mc Naughton, 2006; [Wenger & Bell, 1986](https://www.zotero.org/google-docs/?phcEyf)), kan det tenkes at intensiteten under 5x8min submaksimale intervalløkter ikke var tilstrekkelig for optimal utvikling for de med høyest VO2maks.

da denne tilnærmingen har blitt foreslått til å bedre gjenspeile hvordan utøvere vanligvis gjennomfører HIT-økter (Seiler et al., 2013). Kortintervallene som ble brukt i studien til Rønnestad et al., 2014 var estimert til å gi mer tid nær VO2maks under øktene sammenlignet med langintervallene (Rønnestad et al., 2014; Rozenek et al., 2007).

Vi så en nedgang i utnyttingsgraden av VO2maks på Wlaktatterskel fra pre- til posttest. Denne nedgangen kan komme av at forbedringer i utnyttingsgrad ser ut til å kreve systematisk trening over lengre tid (Tønnessen & Rønnestad, 2018), samtidig som man etter få uker kan se forbedringer i VO2maks (Helgerud et al., 2007; Laursen et al., 2002; Rønnestad et al., 2014; Seiler et al., 2013; Turnes et al., 2016). Til tross for denne nedgangen så vi tendenser til en positiv sammenheng mellom VO2snitt og endring i utnyttingsgrad av VO2maks på Wlaktatterskel (p=0.052) noe som indikerer at deltakerne med høyest VO2snitt i større grad har vedlikeholdt utnyttingsgraden. Dette er interessant da utnyttingsgraden i hovedsak bestemmes av perifere faktorer (Coyle, 1995; Joyner & Coyle, 2008) og det tidligere har blitt observert at høyere treningsintensitet stimulerer til større perifere adaptasjoner (Buchheit & Laursen, 2013; Midgley et al., 2006; Noakes et al. 1990; Almquist et al., 2020). Samtidig så vi en økning i GE på 175- og 225W fra pre- til posttest. Vi kan anta at denne økning var en konsekvens av økt treningsmengde på sykkel under intervensjonen, da flere av deltakerne nettopp hadde hatt sesongpause og lite spesifikk sykkeltrening. Påstanden underbygges ved at vi ikke så noen forbedringer i maksstyrke eller effektutvikling fra pre- til posttest. Vi så derimot ingen sammenheng mellom VO2snitt og GE på verken 175- eller 225W. Dette var som forventet da forbedring i GE hovedsakelig er assosiert med tilpasninger etter styrketrening og/eller store mengder utholdenhetstrening over lengre perioder (Lucía et al., 2002; Scrimgeour et al., 1986; Støren et al., 2008; Sunde et al., 2009).

**4.6 Hematologi**

Blodvolum og Hbmasse er viktige faktorer som påvirker VO2maks (Heinicke et al.,2001; Breil et al. 2010a; Helgerud et al. 2007) og kan derfor også påvirke utholdenhetsprestasjon. Det er likevel noe uklart om utholdenhetstrening fører til økninger i blodvolum og Hbmasse, hvert fall hos allerede godt trente individer (Rønnestad et al., 2012). Vi så ingen økning i blodvolum eller Hbmasse, fra pre- til posttest. Dette samsvarer med Helgerud et al (2007) der det ble gjennomført enten tre ukentlige lavintensitets- eller HIT-økter, hvor de heller ikke så en økning. På samme måte har det tidligere blitt rapportert om at verken 12 uker med intens trening på roere (Gore et al., 1997) eller utholdenhetstrening over ett år (Prommer et al., 2005) viste noen effekt på Hbmasse for godt trente utøvere. Det indikeres at trening har liten effekt på økning i Hbmasse  hos godt utholdenhetstrente personer og at genetiske predisposisjoner bør anses å være ansvarlig for de høye Hbmasse-verdiene hos toppidrettsutøvere og med det deres utholdenhetsprestasjoner (Prommer et al., 2008). Vi observerte heller ingen sammenheng mellom høyere VO2snitt på øktene og økninger i blodvolum (p=0.354) og HBmasse (p=0.960). Dette var som forventet da det tidligere har blitt foreslått at en manglende treningseffekt kan komme av et allerede høyt kondisjonsnivå på deltakerne eller for lav treningsintensitet (Sawka et al., 2000). Vi kan derfor anta at variasjonene i VO2snitt blant deltakerne gjennom denne intervensjonen ga for lite forskjeller i totalt stimuli for en potensiell endring i blodvolum og Hbmasse. 

**5.0 Perspektiv**

Hos allerede godt trente utøvere er optimalisering av treningen viktig for å oppnå best mulig utholdenhetsprestasjon. Det har tidligere blitt foreslått at godt trente utøvere krever høyere arbeidsintensitet for å oppnå treningseffekt. Etter 9 uker med trening så vi en positiv sammenheng mellom VO2snitt på HIT-økter og utvikling i prestasjonsindeks, Wmaks og Wlaktatterskel. Vi ser dermed viktigheten et høyt VO2snitt under intervalltrening har på forbedringer i utholdenhetsprestasjon. Det positive forholdet mellom høyere utnyttingsgrad av VO2maks ved pretest og høyere VO2snitt gjennom intervensjonen, kan indikere at syklister med høyere utnyttingsgrad får størst utbytte av submaksimale 8 minutters intervalldrag. Samtidig kan det tenkes at utøvere med lavere utnyttingsgrad kanskje bør benytte andre intervalldesign for å få et høyere VO2snitt og bedre treningseffekt.

 Laktatsnitt og BORGsnitt så ikke ut til å kunne differensiere mellom høyere eller lavere VO2snitt på 5x8min submaksimale intervalløkter

**6.0 Konklusjon**

​​Denne studien indikerer at trening med et høyere VO2snitt på HIT-økter over en 9-ukers periode gir bedre adaptasjoner i fysiologiske- og prestasjonsvariabler. Dette kommer tydelig frem ved den positive sammenhengen mellom VO2snitt og utvikling i prestasjonsindeks og Wmaks, Wlaktatterskel. Dette ble observert på tross av likt totalt arbeidsvolum og intensitet i form av watt.

**7.0 Referanseliste**

* Almquist, N., Nygaard, H., Vegge, G., Hammarström, D., Ellefsen, S., & Rønnestad, B. (2020). Systemic and muscular responses to effort-matched short intervals and long intervals in elite cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *30*. <https://doi.org/10.1111/sms.13672>
* Banister EW, Carter JB, Zarkadas PC. Training theory and taper: Validation in triathlon athletes. Eur J Appl Physiol. 1999;79:182-191
* 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>
* Billat, L. V. (2001). Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *31*(1), 13–31. https://doi.org/10.2165/00007256-200131010-00002
* Borg, G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign, IL, US: Human Kinetics.
* Breil FA, Weber SN, Koller S, Hoppeler H, Vogt M (2010a) Block training periodization in alpine skiing: effects of 11-day HIT on VO2max and performance. Eur J Appl Physiol 109(6):1077–1086. doi:10.1007/s00421-010-1455-1
* Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *43*(5), 313–338. https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x
* Colyer, S. L., Stokes, K. A., Bilzon, J. L. J., Holdcroft, D., & Salo, A. I. T. (2018). Training-Related Changes in Force-Power Profiles: Implications for the Skeleton Start. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *13*(4), 412–419.
* Coyle, E. F. (1995). Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *23*, 25–63.
* Denadai, B. S., Ortiz, M. J., Greco, C. C., & de Mello, M. T. (2006). Interval training at 95% and 100% of the velocity at VO2 max: Effects on aerobic physiological indexes and running performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, *31*(6), 737–743. https://doi.org/10.1139/h06-080
* Di Prampero, P. E. (1986). The anaerobic threshold concept: A critical evaluation. *Advances in Cardiology*, *35*, 24–34. https://doi.org/10.1159/000413436
* Fiorenza, M., Gunnarsson, T. P., Hostrup, M., Iaia, F. M., Schena, F., Pilegaard, H., & Bangsbo, J. (2018). Metabolic stress-dependent regulation of the mitochondrial biogenic molecular response to high-intensity exercise in human skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, *596*(14), 2823–2840. https://doi.org/10.1113/JP275972
* Foss, Ø., & Hallén, J. (2005). Validity and stability of a computerized metabolic system with mixing chamber. *International journal of sports medicine*, *26*(7), 569–575. <https://doi.org/10.1055/s-2004-821317>
* Golden, H. P., & Vaccaro, P. (1984). The effects of endurance training intensity on the anaerobic threshold. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *24*(3), 205–211.
* Gore, C. J., Hahn, A. G., Burge, C. M., & Telford, R. D. (1997). VO2max and haemoglobin mass of trained athletes during high intensity training. *International Journal of Sports Medicine*, *18*(6), 477–482. <https://doi.org/10.1055/s-2007-972667>
* Gormley, S. E., Swain, D. P., High, R., Spina, R. J., Dowling, E. A., Kotipalli, U. S., & Gandrakota, R. (2008). Effect of intensity of aerobic training on VO2max. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *40*(7), 1336–1343.
* Heinicke, K. (2001). Blood volume and hemoglobin mass in elite athletes of different disciplines. *Int J sports med, 22(7):504-12*  
  [10.1055/s-2001-17613](https://doi.org/10.1055/s-2001-17613)
* Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R., & Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO2max more than moderate training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *39*(4), 665–671. https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570
* Hottenrott, K., Ludyga, S., & Schulze, S. (2012). Effects of high intensity training and continuous endurance training on aerobic capacity and body composition in recreationally active runners. *Journal of Sports Science & Medicine*, *11*(3), 483–488
* Jacobs, R., Rasmussen, P., Siebenmann, C., Díaz, V., Gassmann, M., Pesta, D., Gnaiger, E., Nordsborg, N., Robach, P., & Lundby, C. (2011). Determinants of time trial performance and maximal incremental exercise in highly trained endurance athletes. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *111*, 1422–1430. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00625.2011
* Jeukendrup, A. E., Craig, N. P., & Hawley, J. A. (2000). The bioenergetics of World Class Cycling. *Journal of science and medicine in sport*, *3*(4), 414–433. <https://doi.org/10.1016/s1440-2440(00)80008-0>
* John Fox & Georges Monette (1992) Generalized Collinearity Diagnostics, Journal of the American Statistical Association, 87:417, 178-183, DOI: [10.1080/01621459.1992.10475190](https://doi.org/10.1080/01621459.1992.10475190)
* Jolliffe, I. T. (1995). Sample Sizes and the Central Limit Theorem: The Poisson Distribution as an Illustration. *The American Statistician*, *49*(3), 269. <https://doi.org/10.2307/2684197>
* Jones, A. M., & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *29*(6), 373–386. <https://doi.org/10.2165/00007256-200029060-00001>
* 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>
* Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of chiropractic medicine*, *15*(2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
* Lamberts RP, Swart J, Woolrich RW, Noakes TD, Lambert MI (2009d) Measurement error associated with performance testing in well-trained cyclists; application to the precision of monitoring changes in training status. Int Sport Med J 10:33–44
* 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 and Science in Sports and Exercise*, *34*(11), 1801–1807. <https://doi.org/10.1097/00005768-200211000-00017>
* Lucía, A., Pardo, J., Durántez, A., Hoyos, J., & Chicharro, J. L. (1998). Physiological differences between professional and elite road cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, *19*(5), 342–348. <https://doi.org/10.1055/s-2007-971928>
* Matsuo, T., Saotome, K., Seino, S., Shimojo, N., Matsushita, A., Iemitsu, M., Ohshima, H., Tanaka, K., & Mukai, C. (2014). Effects of a low-volume aerobic-type interval exercise on VO2max and cardiac mass. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *46*(1), 42–50. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182a38da8>
* Midgley, A. W., McNaughton, L. R., & Wilkinson, M. (2006). Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners?: Empirical research findings, current opinions, physiological rationale and practical recommendations. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *36*(2), 117–132. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636020-00003>
* Mondal, H., & Lotfollahzadeh, S. (2022). Hematocrit. I *StatPearls*. StatPearls Publishing. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542276/
* Noakes, T. D., Myburgh, K. H., & Schall, R. (1990). Peak treadmill running velocity during the VO2 max test predicts running performance. *Journal of Sports Sciences*, *8*(1), 35–45. https://doi.org/10.1080/02640419008732129
* Olympiatoppen. (2021, 10. oktober). OLT I-SKALA. [Olympiatoppens intensitetsskala (nif.no)](https://olt-skala.nif.no/)
* Péronnet, F., & Massicotte, D. (1991). Table of nonprotein respiratory quotient: an update. Canadian journal of sport sciences = Journal canadien des sciences du sport, 16(1), 23–29
* Prommer, N., Sottas, P.-E., Schoch, C., Schumacher, Y. O., & Schmidt, W. (2008). Total Hemoglobin Mass-A New Parameter to Detect Blood Doping? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *40*(12), 2112–2118. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181820942
* Rønnestad, B. R., & Hansen, J. (2016). Optimizing Interval Training at Power Output Associated With Peak Oxygen Uptake in Well-Trained Cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(4), 999–1006. <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. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01485.x>
* 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., Vegge, G., Tønnessen, E., & Slettaløkken, G. (2014). Short intervals induce superior training adaptations compared with long intervals in cyclists - An effort-matched approach: Short intervals vs long intervals. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *25*(2), 143–151. <https://doi.org/10.1111/sms.12165>
* Rozenek, R., Funato, K., Kubo, J., Hoshikawa, M., & Matsuo, A. (2007). Physiological responses to interval training sessions at velocities associated with VO2max. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, *21*, 188–192. <https://doi.org/10.1519/R-19325.1>
* Saltin, B., & Rowell, L. B. (1980). Functional adaptations to physical activity and inactivity. *Federation Proceedings*, *39*(5), 1506–1513.
* Sawka, M. N., Convertino, V. A., Eichner, E. R., Schnieder, S. M., & Young, A. J. (2000). Blood volume: Importance and adaptations to exercise training, environmental stresses, and trauma/sickness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *32*(2), 332–348. https://doi.org/10.1097/00005768-200002000-00012
* Schmidt, W., & Prommer, N. (2005). The optimised CO-rebreathing method: A new tool to determine total haemoglobin mass routinely. *European Journal of Applied Physiology*, *95*(5–6), 486–495. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-0050-3>
* 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., 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
* Stepto, N. K., Hawley, J. A., Dennis, S. C., & Hopkins, W. G. (1999). Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *31*(5), 736–741. <https://doi.org/10.1097/00005768-199905000-00018>
* Støren, O., Helgerud, J., Støa, E. M., & Hoff, J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *40*(6), 1087–1092. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318168da2f
* Sunde, A., Støren, O., Bjerkaas, M., Larsen, M., Hoff, J., & Helgerud, J. (2009). Maximal Strength Training Improves Cycling Economy in Competitive Cyclists. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, *24*, 2157–2165. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb16a
* Turnes, T., de Aguiar, R. A., Cruz, R. S. de O., & Caputo, F. (2016). Interval training in the boundaries of severe domain: Effects on aerobic parameters. *European Journal of Applied Physiology*, *116*(1), 161–169. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3263-0>
* Tønnessen, E., & Rønnestad, B. R. (2018). *Trening fra barneidrett til toppidrett*. Gyldendal Olympiatoppen.
* Van Erp, T., & Sanders, D. (2021). Demands of professional cycling races: Influence of race category and result. *European Journal of Sport Science*, *21*(5), 666–677. https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1788651
* Wenger, H. A., & Bell, G. J. (1986). The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *3*(5), 346–356. <https://doi.org/10.2165/00007256-198603050-00004>