|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tabell 1** Karakteristikker av deltakerne (generelt), treningsdata under 9-ukers treningsintervensjonen (trening, kondisjonstrening og styrketrening) samt deltakernes treningshistorikk | | | | | | |
|  | 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 O2∙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.

Merknader: en deltaker mislyktes i å rapportere treningshistorikk.

**Resultater**

Overordnet viser endringsdata fra treningsintervensjonen (Tabell 2) en generell forbedring i fysiologiske- og prestasjonsvariabler fra pre- til posttest. Til tross for lik arbeidsintensitet under HIT-økter (100% av W40tt) varierte VO2snitt under HIT-øktene fra 77.1% - 93.7% (Tabell 3). Kalkulering av intraklasse-korrelasjon (ICC) på VO2snitt fra en blandet effekt regresjonsmodell med fast effekt (deltakere) og tilfeldig effekt (HIT-økter) viste ICC = 0.62, CI 95% [0.47, 0.79]. Vi ser dermed at variansen mellom deltakerne er moderat stor (Koo & Li, 2016) som indikerer at 62% av forskjellene i treningseffekt på fysiologiske- og prestasjonsvariabler kan forklares med gjennomsnittlig VO2 under HIT-øktene.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tabell 2** Fysiologiske variabler 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 O2·kg-1·min-1) | 68.7 ± 5.4 | 72.4 ± 4.9 | 3.7 [2.3, 5.2]\* |
| Utnyttingsgrad av 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) | 86.8 ± 7.4 | 86.6 ± 6.2 | -0.2 [-2.6, 2.1] |
| HBmasse (g·kg-1) | 13.4 ± 0.9 | 13.3 ± 1 | -0.1 [-0.3, 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-tt; HBmasse, relativ hemoglobinmasse;

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

vv, vilkårlig verdi; W, watt.

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

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **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-) | 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 |
| TRIMP (vv) | 19 | 7150 ± 1498 |  | 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

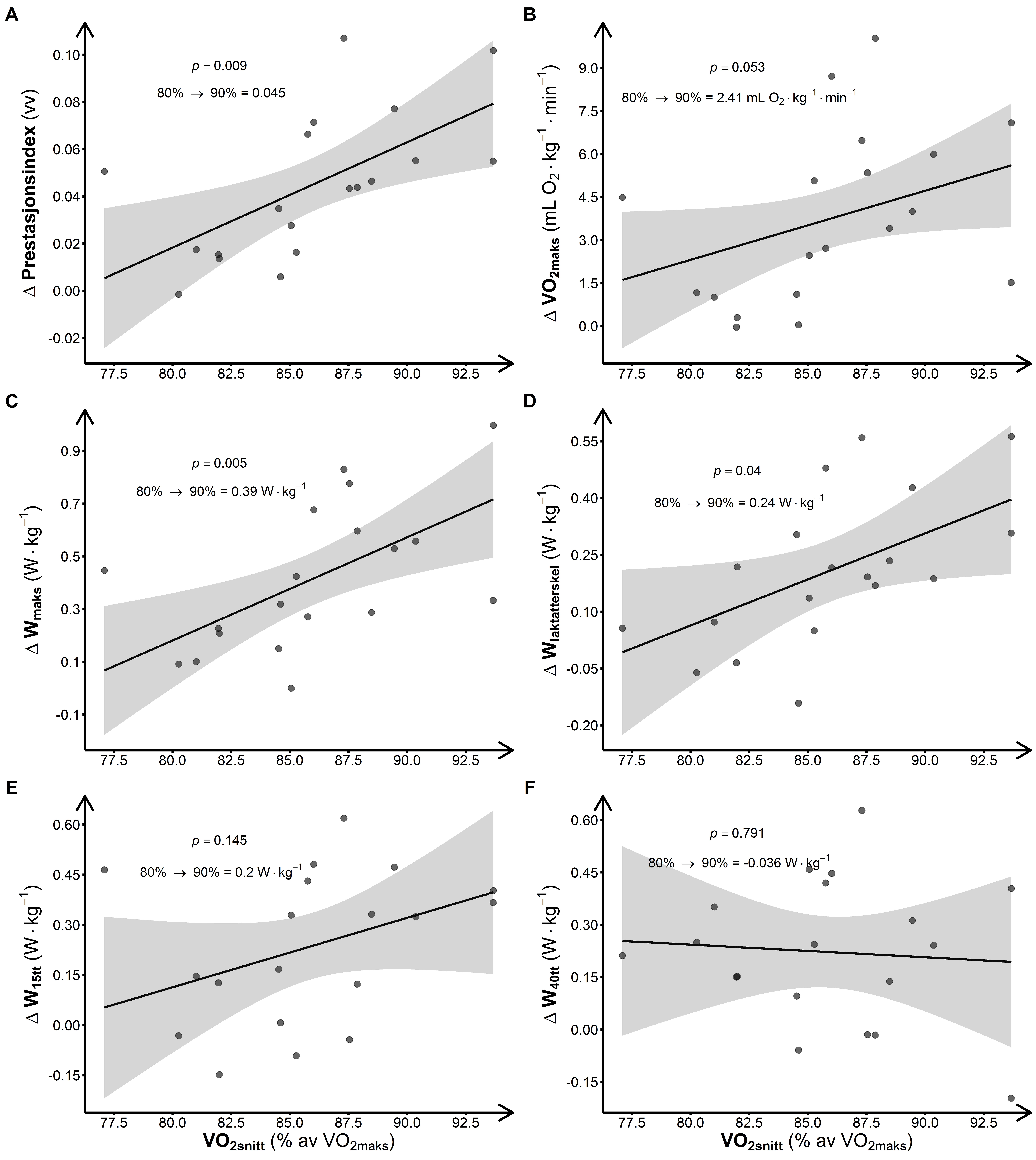
Alle intervalldrag og økter; BORGsnitt, gjennomsnittlig opplevd anstrengelses verdi (BORG 6-20) fra alle intervalldrag og økter;

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

***Effekten av treningsintensitet (VO2snitt) på endring i FPV***

Vi så en signifikant gjennomsnittlig forbedring fra pre- til posttest for prestasjonsindeks (Δ prestasjonsindeks), Wmaks (Δ Wmaks) og Wlaktatterskel (Δ Wlaktatterskel) på 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] respektivt (Tabell 2). Vi så også en signifikant sammenheng mellom VO2snitt på økter og Δ prestasjonsindeks, Δ relativ Wmaks og Δ relativ Wlaktatterskel (Tabell 4 og Figur 1). Dette ga en estimert skår for Δ PI på 0.0045 [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 enhet økning i VO2snitt etter justering for Grunnivå og Δ kroppsvekt. Disse estimerte skårene gir oss et utgangspunkt til å predikere treningseffekten av VO2snitt. Dette indikerer for eksempel at en økning fra 80% → 90% gir en ytterligere estimert endring på 0.045, 0.39 W·kg-1 og 0.24 W·kg-1 for PI, Wmaks og Wlaktatterskel respektivt.

Gjennomsnittlig forbedringen fra pre- til posttest for VO2maks (Δ VO2maks), W15tt (Δ W15tt) og W40tt (Δ W40tt) var signifikant med 3.7 mL O2∙kg-1∙min [2.3, 5.2], 0.2 W∙kg-1 [0.1, 0.3] og 0.2 W∙kg-1 [0.1, 0.3] respektivt (Tabell 2). Vi fant derimot ingen signifikant sammenheng mellom VO2snitt på økter og Δ VO2maks (Tabell 5 og Figur 1). Δ VO2maks ga en estimert økning på 0.241 mL O2∙kg-1∙min [0.02, 0.47] for hver enhet økning i VO2snitt etter justering for grunnivå og Δ kroppsvekt. Vi fant heller ingen signifikante sammenhenger mellom VO2snitt på økter og Δ W15tt eller Δ W40tt (Tabell 4 og Figur 1), med en estimert skår på 0.02 W∙kg-1 [-0.01, 0.05] og -0.0036 W∙kg-1 [-0.03, 0.02] respektivt.

**Figur 7** Sammenhengen mellom endring i FPV fra pre- til posttest og VO2snitt under HIT øktene etter justering for grunnivå og endring i kroppsvekt fra pre- til posttest.

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

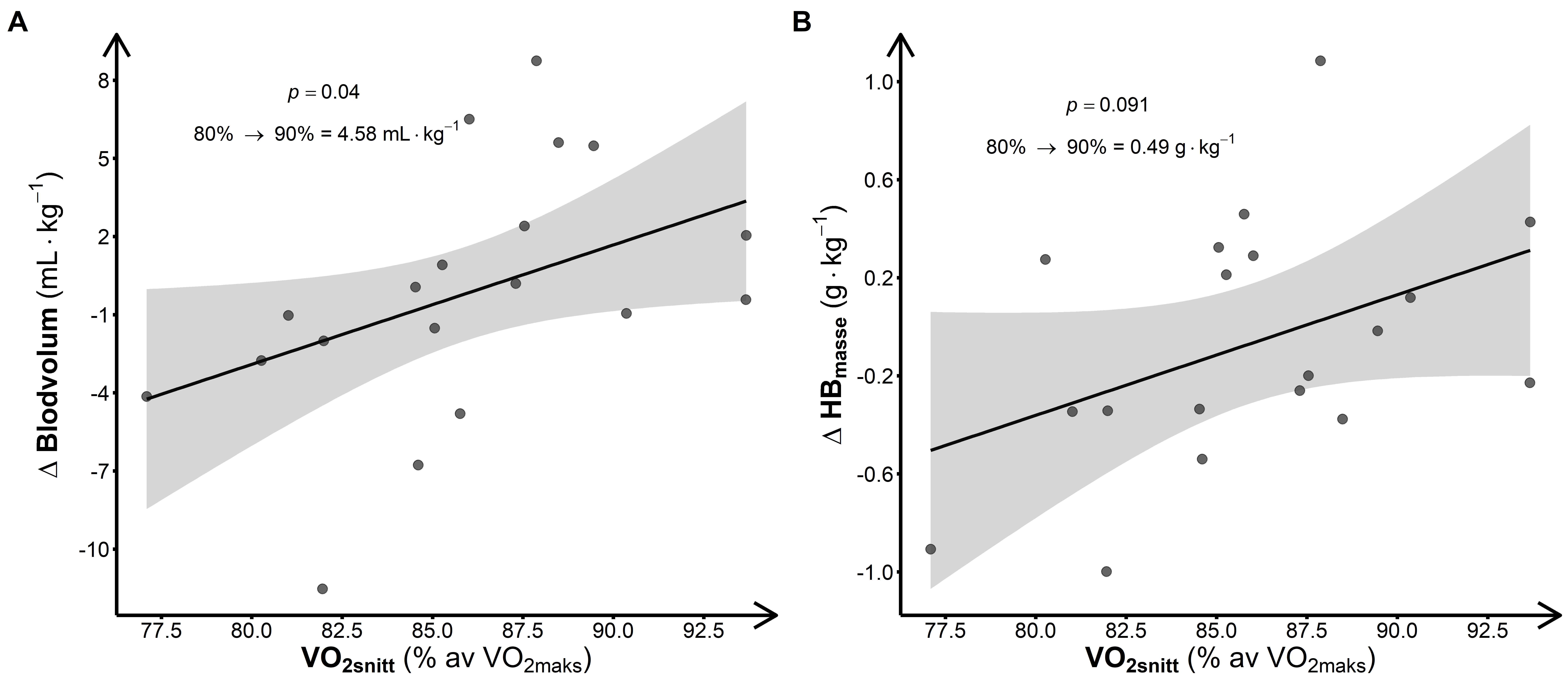
Merknader: A, sammenhengen mellom endring i prestasjonsindeks (vv) og VO2snitt. B, sammenhengen mellom endring i VO2maks (ml O2·kg-1·min-1) og VO2snitt. C, sammenhengen mellom endring i Wmaks (W·kg-1) og VO2snitt. D, sammenhengen mellom endring i Wlaktatterskel (W·kg-1) og VO2snittt. E, sammenhengen mellom endring i W15tt (W·kg-1) og VO2snittt. D, sammenhengen mellom endring i W40tt (W·kg-1) og VO2snittt. 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 4** Multippel lineære regresjonsanalyser av sammenhengen mellom endring i prestasjonsvariabler og VO2snitt under økter etter justering for grunnivå og endring i kroppsvekt

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | | |
|  | 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** |
| Grunnivå | -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 (95% CI)), 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-tt; W40tt, gjennomsnittlig effektutvikling på 40-min-tt; VO2snitt, gjennomsnittlig VO2 fra de siste 6 minuttene av alle intervalldrag og økter | | | | |

***Effekten av treningsintensitet (VO2snitt) på endring i hematologiske variabler***

Vi fant ikke en signifikant gjennomsnittlig forbedring fra pre- til posttest for blodvolum (Δ Blodvolum) eller HBmasse (Δ HBmasse) på 0.2 mL·kg-1 [-2.6, 2.1] og 0.1 g·kg-1 [-0.3, 0.2] respektivt. Vi så derimot en signifikant sammenheng mellom VO2snitt på økter og Δ Blodvolum/kg (Tabell 5 og Figur 8). Dette ga en estimert skår på 0.46 mL·kg-1 [0.06, 0.86] for hver enhet økning i VO2snitt som indikerer en økning i treningseffekt fra 80% → 90% VO2snitt på 4.6 mL·kg-1. Δ HBmasse var ikke signifikant og ga en estimert skår på 0.05 g·kg-1 [0.00, 0.10]. Det ble på samme måte justert for Grunnivå og Δ kroppsvekt i modellen som tidligere.

**Figur 8** Sammenhengen mellom endring i hematologiske variabler fra pre- til posttest og VO2snitt under HIT øktene etter justering for grunnivå og endring i kroppsvekt fra pre- til posttest.

Forkortelser: VO2snitt, gjennomsnittlig VO2 fra de siste 6 minuttene av alle intervalldrag og økter; VO2maks, det maksimale relative oksygenopptaket; HBmasse, relativ hemoglobinmasse.

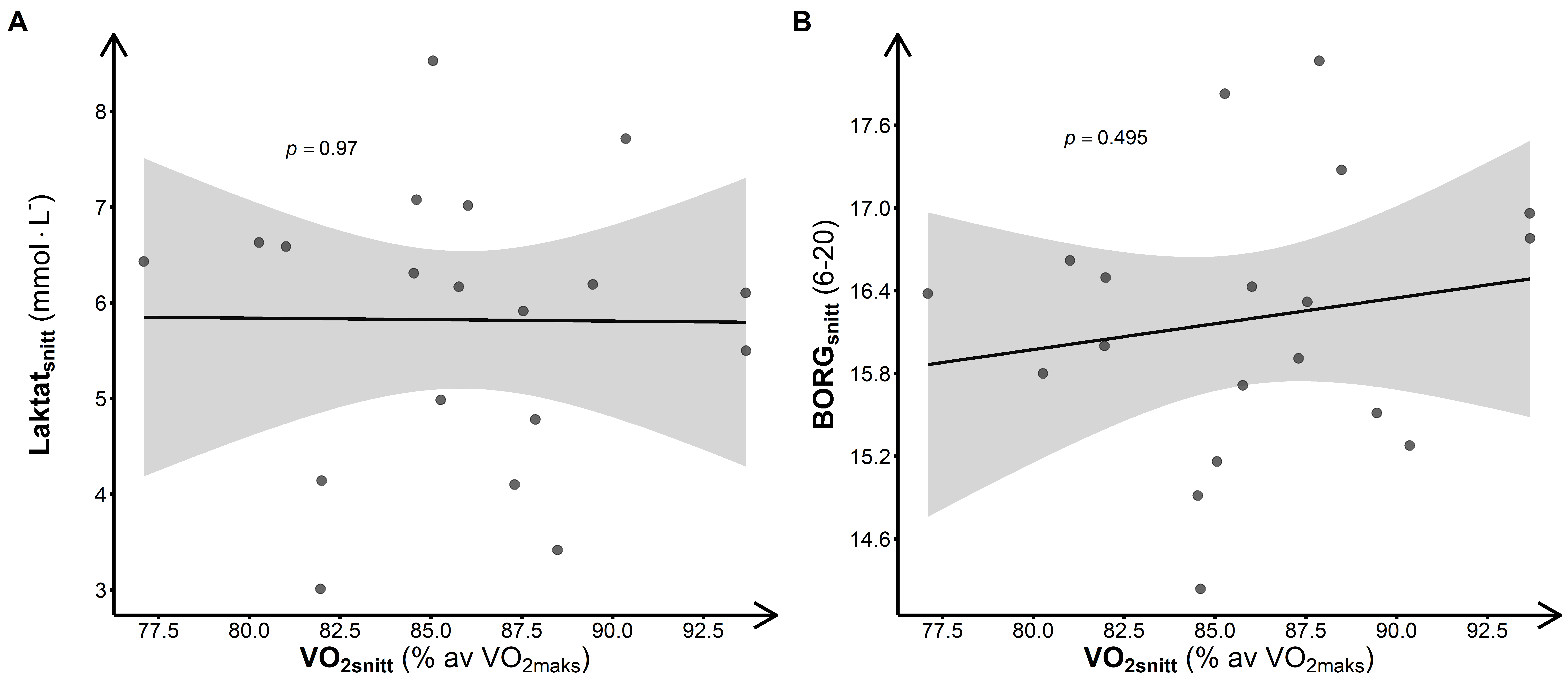
Merknader: A, sammenhengen mellom endring i blodvolum (mL·kg-1) og VO2snitt. B, sammenhengen mellom endring i HBmasse (g·kg-1) og VO2snitt. 80% → 90% indikerer forskjellen mellom predikert verdi for VO2snitt på 80% til 90%. Linjen indikerer predikert verdi, grå sone indikerer linjens konfidensintervall og punkter indikerer individuelle datapunkter.

**Tabell 5** Multippel lineær regresjonsanalyseav sammenhengen mellom fysiologiske variabler og VO2snitt under økter etter justering for grunnivå og endring i kroppsvekt

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | | |
|  | Avhengige variabler | | |
|  |  | | |
|  | Δ VO2maks | Δ HBmasse | Δ Blodvolum |
|  | | | |
| Skjæringspunkt | -0.763 | -4.949 | -10.446 |
|  | (-24.138, 22.611) | (-10.722, 0.823) | (-52.429, 31.536) |
|  | p = 0.950 | p = 0.114 | p = 0.633 |
| **VO2snitt** | **0.241** | **0.049** | **0.458\*** |
|  | **(0.017, 0.466)** | **(-0.004, 0.103)** | **(0.060, 0.857)** |
|  | **p = 0.053** | **p = 0.091** | **p = 0.040** |
| Grunnivå | -0.237\* | 0.049 | -0.336\* |
|  | (-0.417, -0.057) | (-0.211, 0.308) | (-0.570, -0.103) |
|  | p = 0.021 | p = 0.719 | p = 0.013 |
| ∆ kroppsvekt | -0.956\* | 0.002 | -0.610 |
|  | (-1.584, -0.328) | (-0.151, 0.155) | (-1.719, 0.499) |
|  | p = 0.010 | p = 0.980 | p = 0.299 |
|  | | | |
| N | 19 | 19 | 19 |
| R2 | 0.594 | 0.187 | 0.520 |
| Justert R2 | 0.513 | 0.025 | 0.424 |
| Residual Standardfeil (df = 15) | 2.092 | 0.497 | 3.691 |
| F Statistikk (df = 3; 15) | 7.310\* | 1.151 | 5.408\* |
|  | | | |
| Merknader: | De fysiologiske variablene er kalkulert som relative tall i henhold til kroppsvekt, resultatet vises som (estimat (95% CI)), 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; HBmasse, relativ hemoglobinmasse. | | |

***Sammenhengen mellom VO2snitt og andre belastningsindikatorer***

Vi så ingen signifikant sammenheng mellom VO2snitt under HIT-økter og Laktatsnitt med en estimert skår på -0.003 mmol L- [-0.20, 0.16] eller BORGsnitt med en estimert skår på 0.013 [-0.1, 0.1] for hver enhet økning i VO2snitt (Tabell 6 og Figur 9). Dette indikerer at et høyere relativt oksygenopptak under HIT-øktene til tross for lik arbeidsbelastning (100% av W40tt) ikke er assosiert med en høyere opplevd anstrengelse (BORG) eller [BLa-].

**Figur 9** Sammenhengen mellom VO2snitt under HIT-økter og andre belastningsindikatorer

Forkortelser: VO2snitt, gjennomsnittlig VO2 fra de siste 6 minuttene av alle intervalldrag og økter; VO2maks, det maksimale relative oksygenopptaket; Laktatsnitt, gjennomsnittlig blodlaktatkonsentrasjon fra alle intervalldrag og økter; BORGsnitt, gjennomsnittlig opplevd anstrengelses verdi (BORG 6-20) fra alle intervalldrag og økter.

Merknader: A, sammenhengen mellom Laktatsnitt (mmol·L-1) og VO2snitt. B, sammenhengen mellom BORGsnitt (6-20) og VO2snitt. Linjen indikerer predikert verdi, grå sone indikerer linjens konfidensintervall og punkter indikerer individuelle datapunkter.

**Tabell 6** Enkel lineær regresjonsanalyse av sammenhengen mellom belastningsvariabler under HIT økter (Laktat og BORG) / belastingsvariabel for all trening under intervensjonen (TRIMP) 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 (95% CI)), \* 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. | | |

**Diskusjon**

**4.0**

Hovedfunnene i den nåværende studien var at høyere VO2snitt på HIT-økter førte til en større treningsadaptasjon på flere fysiologiske- og prestasjonsvariabler, på tross av lik innsats og arbeidstid under øktene. En signifikant sammenheng mellom høyere VO2snitt og utvikling i prestasjonsindeks, Wmaks, Wlaktatterskel og BV ble observert. Høyere VO2snitt på HIT-økter har blitt foreslått som et viktig stimuli for å bedre utholdenhetsprestasjon (Laursen and Jenkins 2002; Midgley et al. 2006; Wenger and Bell 1986; Buchheit and Laursen 2013). Overraskende nok er det fremdeles få intervensjoner som faktisk har målt oksygenopptak under treningsøkter. I denne studien målte vi oksygenopptaket gjennom samtlige HIT-økter i hele treningsintervensjonen.

Til tross for lik arbeidsintensitet under HIT-øktene (100% av W40tt) varierte VO2snitt fra 77.1% - 93.7% (Tabell 3). Ettersom VO2snitt har hatt en positiv sammenheng med forbedringer i enkelte prestasjonsvariabler undersøkte vi om det var en sammenheng mellom VO2snitt og andre belastningsindikatorer. Vi så ingen signifikant sammenheng mellom VO2snitt og gjennomsnittlig blodlaktatkonsentrasjon (Laktatsnitt) eller opplevd anstrengelse (BORGsnitt) under HIT-økter. Dermed vil variasjonene i VO2snitt sannsynligvis skyldes forskjeller i utnyttingsgraden av VO2maks (%) på W40tt, og ikke forskjeller i belastningsindikatorer. På bakgrunn av dette kan vi med større sikkerhet anslå at den positive sammenhengen mellom forbedring i prestasjonsvariabler og VO2snitt under HIT-økter skyldes større fysiologiske tilpasninger tilknyttet høyere relativt oksygenopptak under treningen.

**VO2maks**

I denne studien fant vi ingen signifikant sammenheng mellom høyere VO2snitt på HIT-økter (77,1 - 93,7% av VO2maks) og større utvikling av VO2maks (P=0,053). Dette er noe motstridene fra tidligere forskning som i hovedsak ser en positiv sammenheng mellom treningsintensitet og forbedring av VO2maks (Buchheit & Laursen, 2013; Wenger & Bell, 1986). Helgerud et al., 2008 sammenlignet effekten ulike treningsintensiteter har på forbedring i VO2maks, intensitetene var standardisert til å gi likt totalt oksygenopptak. Det ble blant annet gjennomført økter med henholdsvis 4x4min-intervaller på 90-95% av HFmaks og ~ 24 min sammenhengende løping på 85% av HFmaks. Den høyere treningsintensiteten av 4x4min kontra ~ 24 min sammenhengende løping, førte til en signifikant større forbedring i VO2maks. En studie av Rønnestad et al, 2014; sammenlignet kort- og langintervaller standardisert for lik opplevd anstrengelse (BORG), ettersom det har blitt foreslått å gjenspeile hvordan utøvere vanligvis gjennomfører HIT-økter mer nøyaktig (Seiler et al., 2013). Den totale arbeidsbelastningen var større for kortintervallgruppen (363 vs 324 (W)), som ble estimert til å ha et høyere VO2snitt gjennom øktene (Rønnestad & Hansen, 2016). Dette kan potensielt forklare noe av den signifikant større adaptasjonen de så i VO2maks for kort- vs langintervallgruppen. Mangelen på et signifikant funn i den nåværende studien kan være en konsekvens av en noe lav utvalgsstørrelse (N = 19). Ifølge sentralgrenseteoremet (Jolliffe, 1995) er ofte en utvalgsstørrelse på ≥ 30 tilstrekkelig for å utligne tilfeldige variabler. Til tross for et ikke-signifikant funn, var den generelle trenden mot en positiv sammenheng mellom VO2snitt og en forbedring i VO2maks veldig nær nivået for signifikans (p = 0.053).

**Prestasjonsindeks**

Vi så derimot en signifikant sammenheng mellom VO2snitt under HIT-økter og forbedring i prestasjonsindeks (P=0,009). 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 15-min-tempo i allerede utmattet tilstand vil antageligvis også være av relevans for ytelsen i de siste minuttene av en konkurranse (Van Erp & Sanders, 2021). I idretter som krever et stort omfang av kvaliteter kan en prestasjonindeks gjenspeile utøvernes fysiske nivå bedre enn hva enkeltvariabler gjør alene. Den positive sammenhengen vi så mellom VO2snitt under HIT-økter og forbedring i prestasjonsindeks er dermed veldig interessant, da indeksen kan være en god indikator på prestasjon i konkurranse (Jacobs et al., 2011; Lucía et al., 1998; Noakes et al., 1990).

**Wlaktatterskel og Wmaks**

Isolert fant vi også en signifikant 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, til tross for lik opplevd anstrengelse og [BLa-], gir 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 i denne studien ikke fant en signifikant sammenheng mellom VO2snitt og VO2maks, kan det tyde på at noe av forbedringene i 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, 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).

**W15tt og W40tt**

Vi fant ingen signifikant 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., en sammenheng mellom høyere intensitet på HIT og forbedringer på 20- og 40min tempo. Det ble foreslått at den signifikante større forbedringen Rønnestad et al., 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-tempo. Det kan tenkes at W15tt og W40tt i enda større grad kan bli påvirket av feilkilder, og det er noe vanskelig å oppnå stabile testresultat.

**4.2 VO2snitt mot hematologi**

BV 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 BV og Hbmasse, hvert fall hos allerede trente individer (Rønnestad et al., 2012). Vi så ingen signifikant økning i BV fra pretest til posttest. Dette samsvarer med Helgerud et al (2007) der det ble gjennomført enten tre ukentlige LIT- eller HIT-økter, hvor de ikke fant noen signifikant sammenheng. Samtidig så vi en signifikant sammenheng mellom høyere VO2snitt på øktene og en økning i BV (p=0.04). Denne sammenhengen kan være et interessant funn 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). Dette kan være forklaringer på hvorfor vi ser en signifikant sammenheng mellom høyere VO2snitt på økter og en økning i BV, da en økning i utskillelsen av hormoner forbundet med ekstracellulær væske og dermed plasmaekspansjon, krever høyere arbeidsintensitet hos trente individer (Convertino et al., 1983).

Vi så i denne studien ingen signifikant sammenheng mellom høyere VO2snitt på øktene og en økning i Hbmasse (p=0.091). Det har 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 signifikant effekt på Hbmasse for godt trente utøvere. Det indikeres at trening har liten effekt på økning i Hbmasse 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). Likevel har man sett en signifikant økning i Hbmasse fra en 12-ukers blokkperiodisering på godt trente syklister (Rønnestad et al., 2012). Blokkperiodisering har tidligere vist å gi tilstrekkelig stimuli for videre adaptasjoner hos godt trente idrettsutøvere (Issurin, 2010). 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 Hbmasse. 

**4.5 Perspektiv**

Hos allerede godt trente utøvere er optimalisering av treningen viktig for å oppnå best mulig utholdenhetsprestasjon. Det har tidligere blitt foreslått at det for godt trente utøvere kreves 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, Wlaktatterskel og BV. Vi ser dermed viktigheten et høyt relativt oksygenopptak under intervalltrening har på forbedringer i utholdenhetsprestasjon. Det kan derfor tenkes at syklister med et ønske om å optimalisere adaptasjoner tilknyttet submaksimale HIT-økter (5x8min), burde sikte etter et så høyt relativt oksygenopptak som mulig.

**5.0 Konklusjon**

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

**Referanseliste:**

* Armstrong, N., & Welsman, J. R. (2007). Aerobic fitness: what are we measuring?. *Medicine and sport science*, *50*, 5–25. <https://doi.org/10.1159/000101073>
* 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
* Borg, G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign, IL, US: Human Kinetics.
* Coyle, E. F. (1995). Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *23*, 25–63.
* Esteve-Lanao, J., San Juan, A. F., Earnest, C. P., Foster, C., & Lucia, A. (2005). How do endurance runners actually train? Relationship with competition performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *37*(3), 496–504. https://doi.org/10.1249/01.mss.0000155393.78744.86
* 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>
* Gaesser, G. A., Rich, R. G. (1984) Effects of high and low intensity train· ing on aerobic capacity and blood lipids. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 16 (3): 269-274  
  PMID: 6748925
* 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
* Ingham, S. A., Carter, H., Whyte, G. P., & Doust, J. H. (2008). Physiological and performance effects of low- versus mixed-intensity rowing training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *40*(3), 579–584. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31815ecc6a
* 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>
* Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: The physiology of champions. *The Journal of Physiology*, *586*(1), 35–44. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834
* Laursen, P. B., 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
* 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
* 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
* *and Science in Sports and Exercise*, *36*(6), 991–1000. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000128163.88298.cb>
* 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>
* 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
* 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
* 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
* 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
* 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
* 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
* di Prampero, P. E. (1986). The anaerobic threshold concept: A critical evaluation. *Advances in Cardiology*, *35*, 24–34. https://doi.org/10.1159/000413436
* 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>
* 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
* 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
* 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
* 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
* 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
* 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
* 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
* 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
* 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
* Saltin, B., & Rowell, L. B. (1980). Functional adaptations to physical activity and inactivity. *Federation Proceedings*, *39*(5), 1506–1513.
* 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
* 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
* 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)
* 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
* 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
* Convertino, V. A., Keil, L. C., & Greenleaf, J. E. (1983). Plasma volume, renin, and vasopressin responses to graded exercise after training. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, *54*(2), 508–514. <https://doi.org/10.1152/jappl.1983.54.2.508>
* 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
* 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
* 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>
* 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
* 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
* 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>
* 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)
* Olympiatoppen. (2021, 10. oktober). OLT I-SKALA. [Olympiatoppens intensitetsskala (nif.no)](https://olt-skala.nif.no/)