

IDR3005-1 19H Masteroppgave

Master i treningsfysiologi

Kandidatnummer: 108

Ine Løvlien

Ukentlig innslag av 30-s sprinter har moderat effekt på sprintprestasjon hos elitesyklister gjennom 3-uker sesongpause



**Inland Norway
University**

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved Høgskolen i Innlandet, Lillehammer, seksjon for idrettsvitenskap, skoleåret 19/20 og setter en fin punktum etter fem fantastiske år.

Oppgaven er basert på del av PhD-stipendiat Nicki Winfielt Almquist doktograd og studien ble hovedsaklig designet av han, med innvendinger fra undertegnede og andre medvirkende. Nick fortjener en enormt stor takk for nok et fantastisk godt samarbeid, uendelig mye tålmodighet og faglig tyngde. Takk for alle utfordringene og mulighetene du har gitt meg i løpet av studietien. Det har vært enormt givende og lærerrik!

Studien var en multicenterstudie – og datainnsamling er gjort i samarbeid med Norges teknisk naturvitenskapelige Universitet, Universitetet i Agder og Høgskolen på Vestlandet. Takk til alle som har bidratt på de ulike universitetene for et godt samarbeid!

En stor takk rettes også til min hovedveileder Bent Rønnestad for tett oppfølging, oppmuntring og «pushing» helt til siste ord var skrevet. Det har vært gull verdt!

Helt til slutt rettes en stor takk til alle forsøkspersonene som gjorde denne studien gjennomførbart! Takk for tillit, tålmodigheten og enestående innsats.

Ine Løvlien

Lillehammer, mai 2020

Sammendrag

Hensikt: Elitesyklister tillater seg typisk en 2-3 uker lang pause etter sesongen. Flere studier har observert reduksjon i prestasjonsparametre etter en slik sesongpause, men å vedlikeholde prestasjonsnivået har vist seg å være viktig dersom en ønsker å heve prestasjonsnivået den påfølgende sesongen. Repeterte sprinter på 30-s er vist kunne vedlikeholde prestasjonsparametere hos godt trente i perioder med redusert treningsbelastning, men det er uklart hvorvidt én ukentlig økt er tilstrekkelig for å vedlikeholde disse. Hensikten med denne studien var derfor å undersøke hvorvidt ett ukentlig innslag av 30-s maksimale sprinter i en lavintensitetsøkt (LIT) gjennom den 3 uker lange sesongpausen kan bidra til å vedlikeholde prestasjonsparametere hos elitesyklister. **Metode:** 16 manlige elitesyklister (maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks})): $72,2 \pm 4,7$ ml/kg/min) deltok i studien. Deltakerne ble tilfeldig inndelt i sprint (S) eller kontroll (K) og treningsbelastningen (iTRIMP) ble redusert ~60% gjennom en ~3 uker lang sesongpause. K trente utelukkende LIT, mens S inkluderte 9x30-s i en av sine LIT-økter. En submaksimal laktatprofiltest, trinnvis VO_{2maks} test og et sammenhengende arbeid på 1 time (~60 % av VO_{2maks}) med 4x30-s sprinter etterfulgt av 20-min all-out på selvbestemt watt, ble gjennomført som en lang, sammenhengende test pre og post intervensjonen. **Resultater:** Hovedfunnet i denne studien var at ett ukentlig innslag av 30-s sprinter i en LIT-økt ser ut til å ha en moderat effekt ($p=0,19$, ES: 0,2-0,7) på sprintprestasjon. Snittwatt på 20-min all-out, VO_{2maks} , utnyttelsesgrad av VO_{2maks} og W_{maks} forble uendret fra pre til post. **Konklusjon:** Ett ukentlig innslag av 30-s sprinter i en LIT-økt gjennom sesongpausen har moderat effekt på sprintprestasjon hos elitesyklister, sammenliknet med utelukkende LIT, hvor det ble observert en tendens til reduksjon i sprintprestasjon.

Innholdsfortegnelse

Forord	2
Sammendrag	3
Teori	5
Generelt om idretten sykkel.....	5
Bestemmende faktorer for utholdenhetsprestasjoner.....	6
Anaerob kapasitet	7
Introduksjon	8
Metode	10
Deltakere.....	10
Studiedesign	11
Testdagen	11
Kroppssammensetning med DXA.....	12
Beinstyrketest med Keiser	12
Laktatprofil.....	12
6-s all out	13
VO _{2maks}	13
60-min sammenhengende på 60 % av VO _{2 maks} med 4x30-s sprint	13
20 min all-out	14
iTRIMP	15
Statistikk	16
Resultater	17
Vekt, power output ved 4 mmol [Bla-], VO _{2maks} og W _{maks}	17
20-min all-out, utnyttelsesgrad, [Bla-] og arbeidsøkonomi.....	18
Sprint prestasjon	19
Styrkeparametre og kroppssammensetning	20
Diskusjon	21
Sprint prestasjon	21
20-min all-out prestasjon	22
Konklusjon	24
Perspektiv	24
Referanser	26

Teori

Denne teoridelen gir en grunnleggende innføring i idretten sykkel og hva som karakteriserer de ulike periodene av sesongen hos elitesyklister. Den tar også for seg det som er regnet som de mest bestemmende faktorene for utholdenhetsprestasjon på sykkel. Teoridelen er ment å gi grunnleggende bakgrunnskunnskap for den påfølgende artikkelen.

Generelt om idretten sykkel

Det er vanlig å dele sykkelsesongen inn i følgende perioder basert på treningsvolum og/ eller -intensitet; trenings- og forberedelsesperioden (vinter), konkurranseperioden (vår og sommer) og sesongpausen (høst). (Lucía, Hoyos, Pardo, & Chicharro, 2000). Treningsvolumet i sesongpausen er rapportert å være ~60% lavere enn treningsvolumet i konkurranseperioden (Lucía et al., 2000), men også fordelingen mellom de ulike intensitetssonene er rapportert å endre seg gjennom sesongens ulike perioder (Lucía et al., 2000). Andelen LIT er rapportert å være lik i trenings- og forberedelsesperioden (~78%) og konkurranseperioden (~77%), og noe høyere i sesongpausen (~88%), mens andelen HIT naturligvis er høyest i konkurranseperioden (~8%), noe lavere i trenings- og forberedelsesperioden (~5%), og enda lavere i sesongpausen (~2%). Moderatintensitetstrening (MIT) er rapportert å ligge mellom 11-17%, med den høyeste andelen i trenings- og forberedelsesfasen (Lucía et al., 2000).

I løpet av konkurranseperioden har profesjonelle syklister omlag 90-100 konkurransedager. Hvilket utgjør mellom 30 000 og 35 000 kilometer på sykkelsetet hvis en medregner trening (Lucia, Hoyos, & Chicharro, 2001; Lucía et al., 2000). Sykling regnes derfor, ikke uventet, som en relativt ekstrem utholdenhetsidrett. Derfor er det ikke uvanlig at syklister tillater seg en 2-3 uker lang sesongpause, for å hente seg inn både fysisk og mentalt, ved sesongslutt (Lucía et al., 2000)

Typisk for en slik sesongpause er en drastisk reduksjon i både treningsmengde og -frekvens, og en nærmest stillesittende livsstil hvor noen avstår fullstendig fra trening, mens andre holder seg til alternativ trening (Lucia et al., 2001). En slik sesongpausen har tidligere vist å medføre redusert prestasjonsevne (Lucía et al., 2000; Maldonado-Martin, Camara, James, Fernandez-Lopez, & Artetxe-Gezuraga, 2017; Sassi, Impellizzeri, Morelli, Menaspa, & Rampinini, 2008). Noe både trenere og utøvere frykter i perioder uten trening (Houmard et al., 1990).

Det er foreslått at reduksjonen i prestasjonsnivå etter sesongpausen bør minimeres. Særlig med tanke på å heve prestasjonsnivået den påfølgende sesongen (Mujika et al., 1995). I en studie av Rønnestad et al. (2014) ble effekten på 4 mmol·L⁻¹ [Bla-], VO_{2maks} og 40-min all-out prestasjon bedre vedlikeholdt hos en gruppe godt trente syklister som trente høyintensitet (HIT) hver sjuende til tiende dag gjennom en 8 uker lang sesongpause, enn hos kontrollgruppen som kun trente lavintensitet (LIT) i den samme perioden (Rønnestad, Askestad, & Hansen, 2014). Dette indikerer at det ikke nødvendigvis skal så mye til for å vedlikeholde prestasjonsnivået hos godt trente gjennom sesongpausen. Den tradisjonelle tilnærmingen til sesongpausen har vært lavt volum og lav intensitet (Lucía et al., 2000), men basert på nevnte studie av Rønnestad et al. (2014) er det grunn til å tro at det kan være hensiktsmessig å inkludere HIT også i sesongpausen.

Bestemmende faktorer for utholdenhetsprestasjoner

Det er veletablert at en utholdenhetsprestasjon hovedsakelig bestemmes av følgende faktorer; maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}), utnyttingsgrad og arbeidsøkonomi (Joyner & Coyle, 2008). VO_{2maks} er definert som den største mengden oksygen kroppen kan ta opp og forbruke under anstrengelse (Bassett & Howley, 2000). VO_{2maks} bestemmes av produktet av hjertets maksimale minuttvolum og differansen i oksygenkonsentrasjon mellom arterielt og venøst blod (Ficks likning: $VO_2 = Q(CaO_2 - CvO_2)$), og begrenses av hjertet, blodet og lungenes evne til å levere oksygen til arbeidende muskelatur (Bassett & Howley, 2000).

Elitesyklister er rapportert å ha relativt høy VO_{2maks} tilsvarende 5,0-5,5 L/min eller 70-80 ml/min/kg (Lucía et al., 2000; Lucia et al., 2004), men tilsvarende målinger er også gjort på godt trente syklister (Lucia, Pardo, Durantez, Hoyos, & Chicharro, 1998). Dermed ser ikke VO_{2maks} ut til å være den bestemmende faktoren som skiller utholdenhetsprestasjon hos elitesyklister fra utholdenhetsprestasjon hos godt trente syklister (Lucia et al., 1998).

I følge Åstrand og Rodal (1986) kan eliteutøvere opprettholde en intensitet tilsvarende 100% av VO_{2maks} i omtrent 15 minutter (Åstrand & Rodahl, 1986). Når tempoet settes ned som følge av lengere konkurransetid vil en imidlertid ikke nå VO_{2maks} (Joyner & Coyle, 2008), men snarere en prosentandel av VO_{2maks}. Denne prosentandelen av VO_{2maks} som man evner å arbeide på over lengere tid omtales som utnyttingsgraden av VO_{2maks}. Det ser ut til at viktigheten av utnyttingsgraden av VO_{2maks} avhenger av arbeidstiden på utholdenhetsprestasjonen, og at utnyttingsgraden av VO_{2maks} er mindre bestemmende for utholdenhetsprestasjoner med varighet < 20 min (Stoa, Storen, Enoksen, & Ingjer, 2010), hvor VO_{2maks} og arbeidsøkonomi ser ut til å

være av større betydning. Utnyttelsesgraden av VO_{2maks} er antakelig hovedsaklig bestemt av mitrokondieinnholdet i skjelettmuskelaturen og sådan skjelettmuskelaturens oksidative kapasitet, samt kapillærtetthet (Holloszy & Coyle, 1984).

VO_{2maks} og utnyttelsesgrad av VO_{2maks} bestemmer det som kalles prestasjons VO_2 . Det vil si mengden O_2 akkumulert under konkurranse, som er synonymt med den aerobe kapasiteten. (Bassett & Howley, 2000). Videre bestemmes en utholdenhetsprestasjon av hvor effektivt man evner å nyttegjøre seg av VO_{2maks} og utnyttelsesgraden av VO_{2maks} gjennom å omsette energi til mekanisk arbeid. Forholdet mellom det mekaniske ytre arbeidet i Watt og det metabolske indre arbeid kalles arbeidsøkonomi. Det indre arbeidet beregnes ved bruk av den energiske ekvivalenten (Peronnet & Massicotte, 1991), ut fra målinger av oksygenopptak (VO_2) og karbondioksid (VCO_2) under sykling i «steady-state» (Hopker, Coleman, Jobson, & Passfield, 2012).

Variasjonen i arbeidsøkonomi mellom syklister er vist å være omtrent 15% (Coyle, 1995). Hvilket ser ut til å kunne forklare hvorfor utøvere med lik VO_{2maks} presterer forskjellig. Hos Lucia et al. (1998) så bedre arbeidsøkonomi ut til å være en av hovedfaktorene som skilte prestasjonsnivået hos elitesyklister fra godt trente syklister (Lucia et al., 1998). Det kan også tenkes at en god arbeidsøkonomi kan kompensere for en lavere VO_{2maks} (Lucia, Hoyos, Perez, Santalla, & Chicharro, 2002; Santalla, Naranjo, & Terrados, 2009). Muskelfibertype ser ut til å være bestemmende for arbeidsøkonomien, og det ser ut til å være en sammenheng mellom høy andel type I muskelfibre og god arbeidsøkonomi (Coyle, 1995; Coyle, Sidossis, Horowitz, & Beltz, 1992). Sammenhengen forklares typisk med at type I fibre er vist å være mer energieffektive enn type II fibre (Westerblad, Bruton, & Katz, 2010).

Anaerob kapasitet

De tre overnevnte faktorene; maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}), utnyttingsgrad og arbeidsøkonomi bestemmer altså hovedsaklig en utholdenhetsprestasjon. Men ettersom de fleste sykkelritt, med unntak av temporitt, arrangeres som fellesstarter er også sprinter en naturlig del av sykkelritt. Både underveis som innlagte spurtpriiser, i forsøk på brudd eller i opptrekk til og ikke minst i avgjørelsen om seieren. I en studie av Fernandez-Garcia et al. (2000) ble det observert at elitesyklister lå over laktatterskelen i omtrent 20 minutter, under hver etappe av Vuelta a España (1995) og Tour de France (1996) uavhengig av etappetype

(Fernandez-Garcia, Perez-Landaluce, Rodriguez-Alonso, & Terrados, 2000). Således kan anaerob kapasitet også regnes som en avgjørende faktor for utholdenhetsprestasjon hos syklister, til tross for at sykling i aller høyeste grad er å regne som utholdenhetsidrett.

W_{maks} (maksimal effekt under VO_{2maks} test) og høyeste, samt gjennomsnittlig watt under en Windgatetest (30-s all-out med konstant motstand) reflekterer evnen til å produsere høy effekt på kort tid (Bar-Or, 1987; Faria, Parker, & Faria, 2005; Ronnestad, Hansen, & Raastad, 2010). W_{maks} er vist å være en god prediktor for sykkelprestasjon (Hawley & Noakes, 1992) og en av nøkkelfaktorene som skiller elitesyklister fra godt trente syklister (Lucia et al., 1998).

Det er tidligere vist at en HIT-økt hver sjuende til tiende dag er tilstrekkelig for å vedlikeholde prestasjonsparametre hos elitesyklister i sesongpausen (Ronnestad et al., 2014). Andre studier har vist at sprinter kan bidra til det samme (Bangsbo, Gunnarsson, Wendell, Nybo, & Thomassen, 2009; Iaia et al., 2009; Iaia et al., 2008). Dog er det usikkert om ett ukentlig innslag er tilstrekkelig for å vedlikeholde prestasjonsparametre hos elitesyklister i sesongpausen. Hensikten med denne studien var derfor å undersøke hvorvidt ett ukentlig innslag av 30-s maksimale sprinter i en LIT-økt gjennom den 3 uker lange sesongpausen kan bidra til å vedlikeholde prestasjonsparametere hos elitesyklister.

Introduksjon

I løpet av en sesong, fra sen vinter til høst, har profesjonelle syklister omlag 90-100 konkurransedager (Lucia et al., 2001). I løpet av et år er det mellom 30 000 og 35 000 kilometer på sykkelsetet hvis en medregner trening og konkurranse (Lucia et al., 2001; Lucía et al., 2000), hvilket gjør sykling til en relativt ekstrem utholdenhetsidrett. Dermed er det ikke uvanlig at syklister tillater seg en 2-3 uker lang sesongpause (Lucia et al., 2001), for å hente seg inn både fysisk og mentalt, ved sesongslutt (Houmard, Kirwan, Flynn, & Mitchell, 1989).

Typisk for en slik sesongpause er en drastisk reduksjon i både treningsmengde og -frekvens, og for noen en nærmest stillesittende livsstil (Lucia et al., 2001), hvilket tidligere er vist å medføre redusert prestasjonsevne (Maldonado-Martin et al., 2017). Det ser ut til at det er høyst nødvendig å opprettholde et minimum hva gjelder treningsbelastning også i sesongpausen (eller andre perioder med redusert treningsbelastning) for å unngå en slik reduksjon i prestasjonsevne (Bosquet, Montpetit, Arvisais, & Mujika, 2007; Coyle et al., 1984). Særlig med tanke på hvorvidt en evner å heve prestasjonsnivået den påfølgende sesongen (Mujika et al., 1995).

En utholdenhetsprestasjon bestemmes hovedsakelig av følgende tre faktorer; maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}), utnyttingsgrad og arbeidsøkonomi (Joyner & Coyle, 2008). Hvor på hvilken av faktorene som er mest bestemmende ser ut til å avhenge av varigheten på arbeidet (Stoa et al., 2010). Ettersom hoveddelen av sykkelritt arrangeres som fellesstarter, med spriter underveis, er også anaerob kapasitet å regne som en prestasjonsbestemmende faktor for syklister.

Rønnestad et al. (2014) så at effekt på $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ [Bla-], VO_{2maks} og 40-min all-out prestasjon hos elitesyklister ble bedre vedlikeholdt når høyintensitetstrening (HIT) ble gjennomført hver sjuende til tiende dag sammenliknet med utelukkende lavintensitetstrening (LIT) gjennom 8 uker sesongpause (Rønnestad et al., 2014). Sprinttrening, særlig 30-s nær maksimal innsats og med relativt lange pauser, er også vist å kunne vedlikeholde prestasjonsparametere hos godt trente i perioder med redusert treningsbelastning (Iaia et al., 2009; Iaia et al., 2008). Disse studiene har imidlertid gjennomført et større antall sprinter både per økt (8-12) og flere økter per uke (2-4), samt hatt noe lengere varighet (4 uker) enn denne studien. Det er derfor uklart om én ukentlig økt er tilstrekkelig for å vedlikeholde prestasjonsparametre hos elitesyklister i sesongpausen. Dog indikerer disse studiene, sammen med Rønnestad et al. (2014) at det ikke nødvendigvis skal så stort treningsbelastning til for å vedlikeholde prestasjonsnivået hos godt trente gjennom sesongpausen (Rønnestad et al., 2014). Hensikten med denne studien var derfor å undersøke hvorvidt ukentlig innslag av 30-s maksimale sprinter i en LIT-økt gjennom den 3 uker lange sesongpausen kan bidra til å vedlikeholde prestasjonsparametere hos elitesyklister.

Metode

Deltakere

Tjueen godt trente mannlige syklister, alle med sykling (landevei eller terreng) som hovedidrett og jevnlig deltakelse i konkurranser på minimum nasjonalt nivå deltok i studien. Tre deltakere ble ekskludert fra studien pga. sykdom eller mangel på etterfølgelse av protokoll, og to deltakere trakk seg fra studien på bakgrunn av andre årsaker. Totalt 16 deltakere gjennomførte studien i sin helhet. Deskriptiv data for deltakerne, fysiologiske parameter og treningsvolum er presentert i tabell 1. Samtlige deltakere mottok testprotokollen og informasjon om eventuelt ubehag og risiko knyttet til deltakelse i studien, samt egne rettigheter i henhold til Helsinkideklarasjonen 1975. Samtlige ga skriftlig samtykke til deltakelse før noen form for testing ble igangsatt. Studien ble godkjent av lokal etisk komite ved Høgskolen i Innlandet og Personvernombudet for forskning, Norsk senter for forskningsdata AS (NSD). For å kategorisere deltakerne ble de fysiologiske karakteristikkene foreslått av Jeukendrup et al. lagt til grunn (Jeukendrup, Craig, & Hawley, 2000). Seks ble kategorisert som godt trente ($W_{maks} = 5,0-6,0$ W/kg), åtte som elite ($W_{maks} = 6,0-7,0$ W/kg) og to som verdensklasse ($W_{maks} = 6,5-8,0$ W/kg). W_{maks} ble regnet som gjennomsnittswatten det siste minuttet av VO_{2maks} testen med hensyn til kroppsvekt.

Tabell 1: Deltakerkarakteristikk ved pre-test (3-5 dager etter siste konkurranse) og treningsvolum gjennom de siste fire ukene av konkurransesesongen. Data er pressantert som gjennomsnitt \pm standardavvik.

	Sprint $n=7$	Kontroll $n=9$
Alder (år)	22,9 \pm 3,0	21,1 \pm 3,9
Kroppsvekt (kg)	73,6 \pm 9,0	73,1 \pm 4,8
VO_{2maks} (L \cdot min ⁻¹)	5,396 \pm 0,678	5,222 \pm 0,532
VO_{2maks} (ml/ kg/ min)	73,4 \pm 4,9	71,3 \pm 4,5
W_{maks} (W)	439 \pm 58	442 \pm 48
PO @ 4 mmol (W)	327,6 \pm 66,2	320,8 \pm 40,9
Treningsvolum siste 30 dager (timer/ uke)	14 \pm 4	12 \pm 4
Reduksjon i iTRIMP treningsbelastning (%)	-62 \pm 9	-64 \pm 11

Studiedesign

Studien var en multisenterstudie mellom fire norske universiteter/ høyskoler hvor samtlige har det samme standardiserte testutstyret på sine laboratorier, hvilket ble kontrollert av studiens leder før oppstart av studien.

Intervensjonen ble satt i gang tre-fem dager etter siste konkurranse for den enkelte deltaker og hadde en varighet på $21,1 \pm 0,3$ dager. Deltakerne ble tilfeldig inndelt i to grupper: sprint (S) eller kontroll (K). Samtlige universitet/ høyskoler hadde både en intervensjonsgruppe (S) og en kontrollgruppe (K). Begge gruppene reduserte treningsbelastningen (iTRIMP) likt fra konkurransesesong til sesongpausen (tabell 1) og trente hovedsakelig LIT-trening under intervensjonen (S: 13 ± 4 vs. K: 12 ± 3 økter, $p=0,58$). S gjennomførte en ukentlig økt bestående av 3x3 sett av 30-s maksimale sprinter i en 90-min LIT-økt, mens K gjennomførte en tidsmatchet økt på power output tilsvarende 60% av VO_{2maks} . Førstnevnte ble gjennomført under oppsyn på testlaboratorium.

Treningsdata de siste fire ukene før intervensjonen ble innsamlet, og viste at begge gruppene gjennomførte det samme antallet treningsøkter per uke i forkant av intervensjonen (S: $6,9 \pm 0,3$ vs K: $6,7 \pm 1,5$, $p=0,84$). Herunder en lik andelen HIT-økter (S: $13 \pm 11\%$ vs K: $11 \pm 7\%$, $p=.63$).

Testdagen

Dagen før testdagen gjennomførte deltakerne en standardisert økt (~1t med 4x30s maksimale sprinter med 4 min pause mellom) på egenhånd. Hensikten med økten var tilvenning til sprintene som ventet den påfølgende testdagen. Deltakerne ble bedt om å holde seg til sitt vanlige kosthold, men å føre matdagbok slik at matinntaket de siste 24 timene før testing kunne standardiseres til både pre- og posttesting. Deltakerne ble også bedt om å avstå fra koffein, beta-alanin og bikarbonat de siste 24 timene før test, samt oppfordret til passe på væskebalansen de siste 24 timene før test gjennom å være nøye med drikke til måltider, under- og etter trening og generelt gjennom dagen.

All pre- og post-testing ble gjennomført til samme tid på døgnet (± 1 t), i kontrollerte omgivelser (16-18 grader og 20-35% luftfuktighet) og med en vifte som sørget for luftsirkulasjon.

Kroppssammensetning med DXA

Deltakerne møtte fastende, tidlig på morgenen, for måling av kroppssammensetning med Dual Energy x-ray Absorbiometry (DXA) av typen Lunar Prodigy (GE-Lunar Prodigy, Madison, WI, USA, EnCore software version 15). DXA var dessverre kun mulig å gjennomføre på tre av fire teststeder, derav lavere n for disse målingene.

Beinstyrketest med Keiser

Etter selvbestemt frokost, hvor tilsvarende frokost ble repetert ved post-testing, og 1 time hvile fortsatte testdagen med fysiske tester. Først 10 minutter oppvarming på selvbestemt watt (150-200 W) på sykkel før en forhåndsprogrammert 10-repetisjons beinpresstest, sittende med 90 grader i kneleddet, ble gjennomført på et horisontalt beinpress dynamometer av typen Keiser AIR300 (Keiser Sport health equipment INC., Fresno, CA). Testen økte gradvis fra 41 til 250 kg med økende restitusjonstid mellom repetisjonene. Deltakerne ble instruert til å sparke fra så eksplosivt som mulig hver gang, til de mislyktes i å gjennomføre en godkjent repetisjon. Deltakere som nådde 250 kg gjennomførte ytterligere repetisjoner med 60-s restitusjonstid mellom hver repetisjon til de mislyktes i å gjennomføre en godkjent repetisjon. Keiser AIR300 beregner kraft og hastighet i hver repetisjon ved hjelp av pneumatisk motstand. Den teoretiske maksimale kraften (F_{maks}) og maksimale effekten (P_{maks}) ble i ettertid kalkulert basert på at forholdet mellom kraft og effekt er lik et andregrads polynom (Colyer, Stokes, Bilzon, Holdcroft, & Salo, 2018).

Laktatprofil

Etter 5 minutter pause etter beinstyrketesten fulgte en laktatprofiltest på en ergometersykel med elektromagnetiske bremsere (Lode Excalibur Sport, Lode B. V., Groningen, Nederland) som var justert likt for den enkelte deltaker ved all testing. Samtlige sykkeltester i testbatteriet ble gjennomført på denne. Laktatprofiltesten startet på 175 watt og økte med 50 W hvert 5. min (trinn) til 3 mmol·L⁻¹ [Bla-] – og deretter 25 W hvert 5. min til minimum 4 mmol·L⁻¹ [Bla-].

En blodprøve ble tatt fra fingertuppen etter hvert trinn og analysert med et stasjonært laktatanalyseringsapparat (Biosen C-line, 5212 09 0045, EKF Diagnostic, Germany). Det ble gjort VO₂-målinger 2 minutter inn i hvert trinn på laktatprofiltesten. Gjennomsnittlig VO₂ ble målt ved hjelp av en Oxycon Pro™ med miksekammer (Oxycon Pro, Erich Jaeger, Hoechberg, Tyskland) som ble kalibrert hver time for å utelukke at eventuelle svingninger i omgivelsene eller at apparaturen skulle påvirke målingene, og beregnet ut fra målingene mellom 2,5 og 4,5

minutter. Puls ble registrert med deltakernes egen pulsmåler og opplevd anstrengelse ble målt gjennom Borg-skala 6-20 (Borg, 1970).

6-s all out

Etter 5 minutter aktiv pause ble en sittende all-out sprint på 6-s med motstand lik 0,8 Nm/kg kroppsvekt gjennomført fra RPM 0. «Peak power output» ble satt til den høyeste wattmålingen oppnådd med målinger på 6 Hz. Testleder startet testen ved å telle ned fra tre og ga muntlig oppmuntring underveis.

VO_{2maks}

VO_{2maks} testen startet etter nye 5 minutter aktiv pause (~150 W). Testen startet på 200 eller 250 W avhengig av tidligere resultater. Videre økte belastningen med 25 W hvert minutt inntil forsøkspersonen ikke lengre kunne opprettholde en RPM < 60/min eller stanset selv. Det ble gitt muntlig oppmuntring fra testleder underveis. VO₂ ble VO₂ ble kalkulert til det høyeste gjennomsnittet av 1-min flytende gjennomsnitt med 5-s VO₂-målinger. W_{maks} ble kalkulert som mean power output det siste minuttet av VO_{2maks} testen. Vann, sportsdrikke (HIGH-5, UK) og gel (SIS Isotonic Energy Gel, UK) uten koffein var tilgjengelig *ad libitum* resten av testen etter VO_{2maks} testen. For å sikre relativt lik hydreringsstatus ble inntaket ble registrert og gjentatt ved post test.

60-min sammenhengende på 60 % av VO_{2 maks} med 4x30-s sprint

Resultatene fra VO_{2maks} og laktatprofil testen ble umiddelbart brukt til å beregne 60 % av VO_{2maks} vha. interpolasjon:

$$y = ax + b \rightarrow x = (y-b)/a$$

Hvor a = stigningstallet i VO₂ for hvert trinn (W) i laktatprofiltesten

b = skjæringspunktet mellom VO₂ og watt i laktatprofiltesten

y = 60 % av den høyeste VO₂-måling siste 60-s i VO_{2maks} testen

10 min etter avsluttet VO_{2maks} ble ett 60-min sammenhengende arbeid på denne intensiteten igangsatt. 4x30-s maksimale sprinter, med 4 min aktiv (100 W) pause mellom, ble gjennomført fra minutt 36-50. Sprintene ble gjennomført sittende fra RPM 80. Resterende 10 min på 60%

av $VO_{2\text{maks}}$ ble gjennomført før en 20-min all-out-test på selvbestemt watt (figur 1). Deltakerne gjennomførte den sammenhengende 60-min testen på samme watt pre og post.

20 min all-out

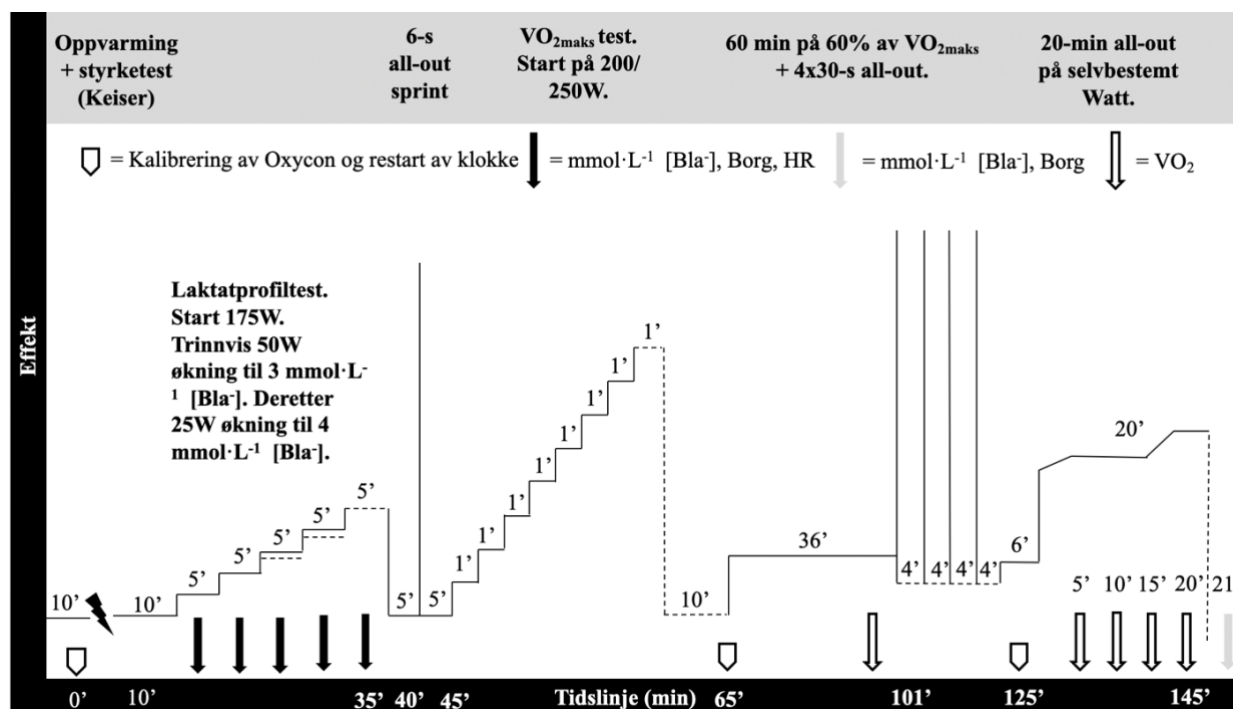
Deltakerne bestemte selv startwatt på 20-min all-out testen og sto fritt til å justere watten og RPM under hele testen. Deltakerne ble muntlig oppfordret til høyest mulig gjenmonsnittlig effekt i løpet av testen, men var blindet for dette underveis og hadde kun oversikt over watten de syklet på. Ved post-testing startet 20-min all-out testen på samme Watt som pre. Underveis ble det gjort målinger av VO_2 , Borg-score and [BLa-] (figur 1).

Utnyttelsesgrad av $VO_{2\text{maks}}$ under 20-min all-out testen ble kalkulert ut fra gjennomsnittet av VO_2 -målinger i perioden 4-5, 9-10, 14-15 og 19-20 min og uttrykt relativt til $VO_{2\text{maks}}$. VO_2 -målingene startet alltid 30-s før opptaksperiodene for å sikre jevne målinger av VO_2 .

Arbeidsøkonomi ble definert som forholdet mellom mekanisk ytre arbeid og metabolsk indre arbeid. Hvor ytre arbeid tilsvarer det mekaniske arbeidet målt i watt og indre arbeid ble beregnet ved bruk av den energiske ekvivalenten (Peronnet & Massicotte, 1991), kalkulert med følgende likning fra (Noordhof, Skiba, & de Koning, 2013):

$$\text{Indre arbeid} = VO_2 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1} \times (4,840 \text{ J}\cdot\text{L}^{-1} \times \text{RER} + 16,890 \text{ J}\cdot\text{L}^{-1})$$

Kalkuleringen av arbeidsøkonomi i uthvilt tilstand ble gjort med de tall fra laktatprofiltesten hvor power output (watt) lå nærmest det den enkelte deltaker kjørte på under den sammenhengende 60-min testen. Tilsvarende ble arbeidsøkonomien i semi-trett tilstand beregnet ut fra steady-state perioden i forkant av sprintene (30-35 min) i den sammenhengende 60-min testen (figur 1).



Figur 1: Prestasjonstesten inkluderte styrketest, laktatprofiltest, 6-s all-out sprint, VO₂ maks test, 60 min sammenhengende arbeid på 60% av VO₂ maks med 4x30-s sprinter og 20-min all-out på selvbestemt watt.

iTRIMP

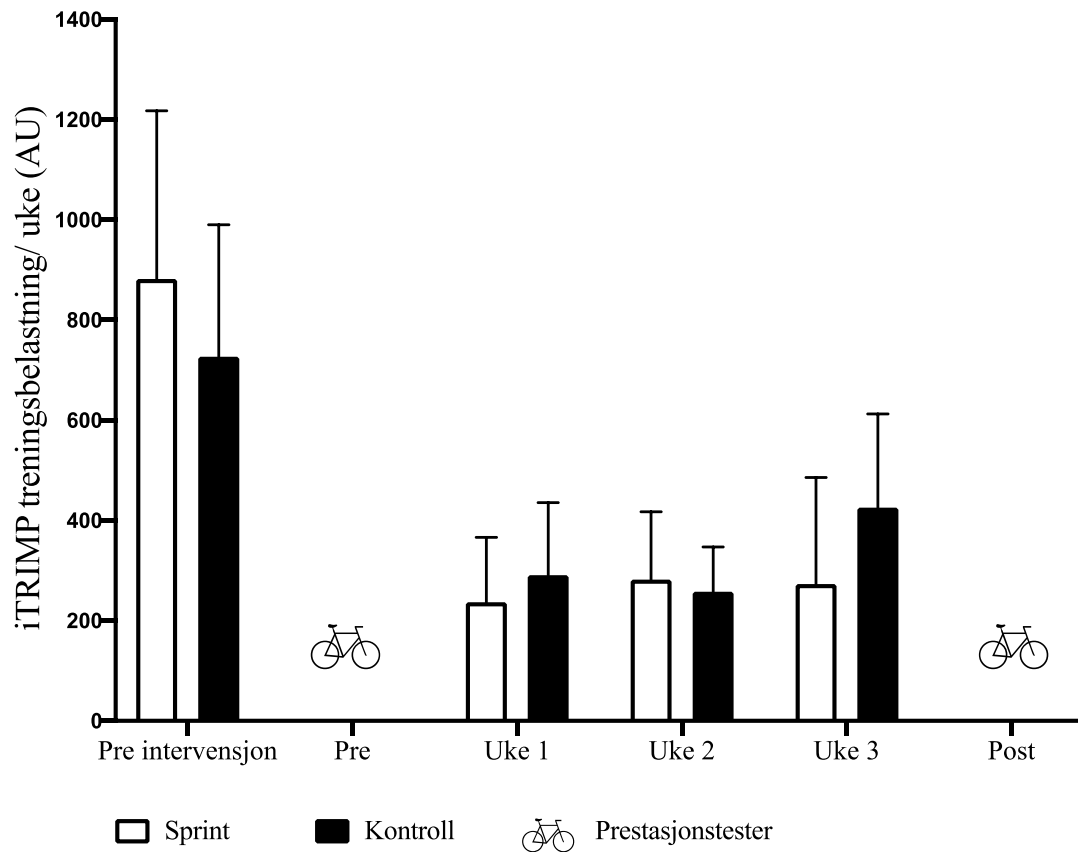
Treningsbelastning ble kvantifisert ved hjelp av iTRIMP som beskrevet av Manzi et al. 2009 og er basert på ΔHR ($HR_{\text{trening}} - HR_{\text{hvile}} / HR_{\text{maks}} - HR_{\text{hvile}}$) hvorpå gjennomsnittlig ΔHR oppnådd i den enkelte treningsøkten blir multiplisert med øktens varighet og veid mot y slik at LIT med lang varighet ikke skal veie feilaktig tungt sammenliknet med høyintensitetstrening (HIT) av kortere varighet. (Manzi, Iellamo, Impellizzeri, D'Ottavio, & Castagna, 2009). Faktoren y er basert på den eksponentielle økningen av [Bla.] med den prosentvise økningen av trening over HR_{hvile} . Dette gir formelen:

$$iTRIMP \text{ (vilkårlig enhet, (AU))} = \text{tid (min)} \times \Delta HR_{\text{ratio}} \times y^i$$

$$\text{hvor } \Delta HR_{\text{ratio}} = (HR_{\text{trening}} - HR_{\text{hvile}}) / (HR_{\text{maks}} - HR_{\text{hvile}}), \text{ tid}$$

y er en ikkelineær koefisient gitt av likningen $y = 0,64e^{1,92x}$, hvor e = basen av den naturlige logaritme, $x = \Delta HR$ og konstantene $b = 0,64$ og $c = 1,92$ henholdsvis for menn.

y_i speiler en typisk [Bla.] respons kurve til økende intensitet. Individuell y_i kalkuleres for hver deltaker med den mest passende eksponentielle modellen.



Figur 2: Treningsbelastning fire uker pre intervensjonen og under intervensjonen fremstilt som individuelle TRIMP. Data er pressantert som gjennomsnitt \pm standardavvik.

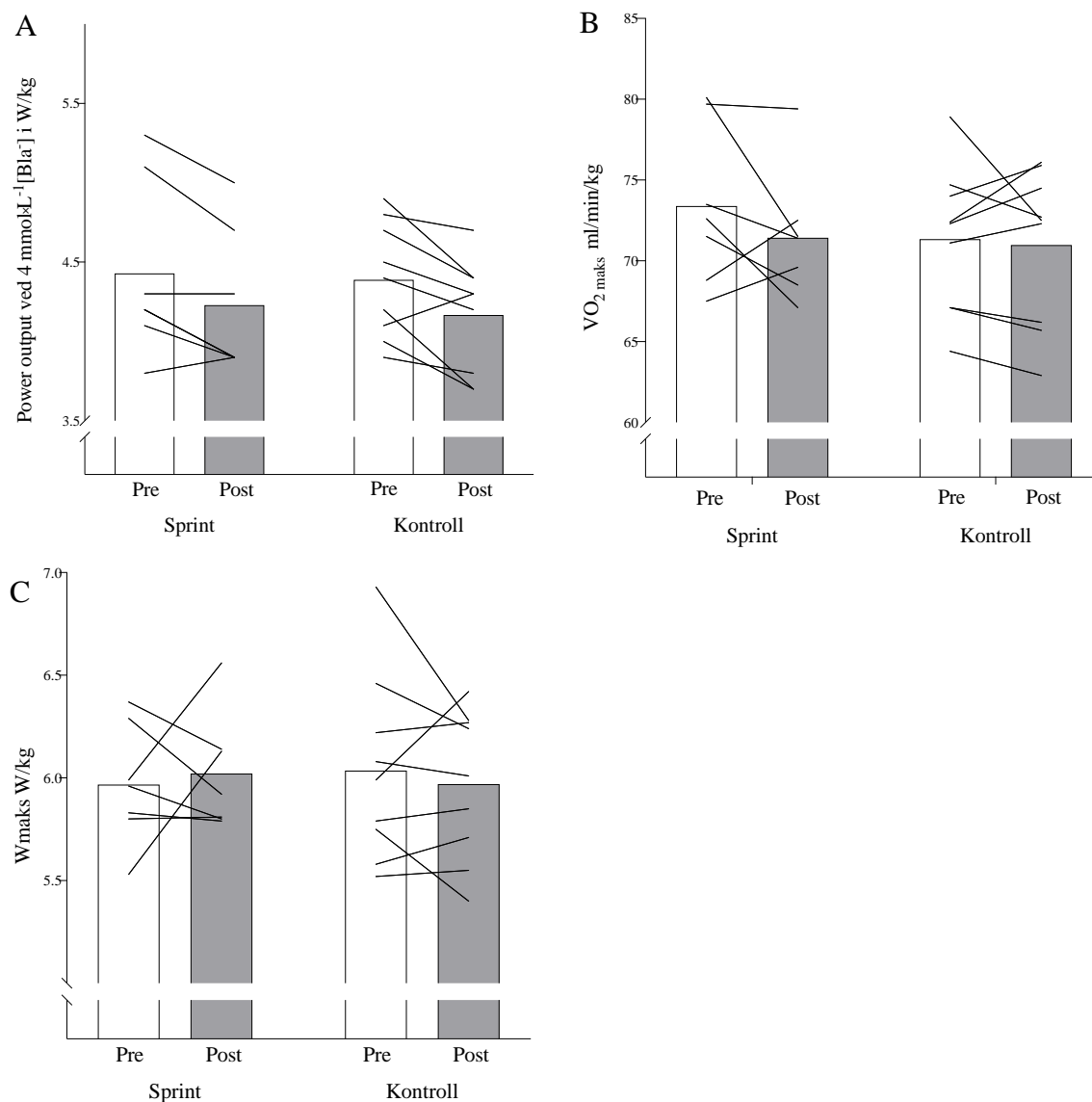
Statistikk

Data ble testet for normalfordeling vha. QQ-plot. Der data viste seg å ikke være normalfordelt ble ikke-parametrisk testing gjort. 2-veis ANOVA med Sidak post-hoc test og gruppe og tid som «fixed effects» ble utført i GraphPad Prism 8, versjon 8.3.0 (328), for Mac OS for effekt av tid. Mixed models ble brukt ved manglende datapunkter. Uparet t-test ble brukt for effekt av gruppe (endrigsscore). Paret t-test for effekt av tid på arbeidsøkonomi ble også utført i GraphPad Prism 8. Øvrig databehandling ble gjennomført i Microsoft® Excel for Mac versjon 16.16.21. Signifikansnivået var satt til $p < 0,05$ og $p > 0,1$ ble beskrevet som en tendens. Tolkningen av størrelsesorden for ES var som følger: $< 0,2$ triviell, $0,2-0,6$ liten, $0,6-1,2$ moderat, $1,2-2,0$ stor og $2,0-4,0$ veldig stor forskjell (Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009). Data er presentert som gjennomsnitt \pm standardavvik.

Resultater

Vekt, power output ved 4 mmol [Bla-], VO_{2maks} og W_{maks}

Det var ingen gruppeforskjeller i endring i kroppsvekt fra pre til post (S: $0,7 \pm 1,0\%$ vs K: $0,8 \pm 1,0\%$, $p=0,93$, ES: 0,0). Endring i kroppsvekt var ikke signifikant i S (pre: $73,6 \pm 9,0$ vs post: $74,2 \pm 9,4$ kg, $p=0,13$, ES: 0,1), mens det var en tendens til økt kroppsvekt i K (pre: $73,1 \pm 4,8$ vs post: $73,7 \pm 4,9$ kg, $p=0,09$, ES: 0,1). Reduksjonen i effekt ved 4 mmol [Bla-] var lik ($p=0,77$, ES: 0,0) i begge gruppene fra pre til post (S: -4 ± 4 , $p=0,04$, ES: $-0,4$ vs. K: $-5 \pm 5\%$, $p=0,01$, ES: $-0,6$). Det var ingen effekt av tid på VO_{2maks} og W_{maks} og begge gruppene var uendret fra pre til post.

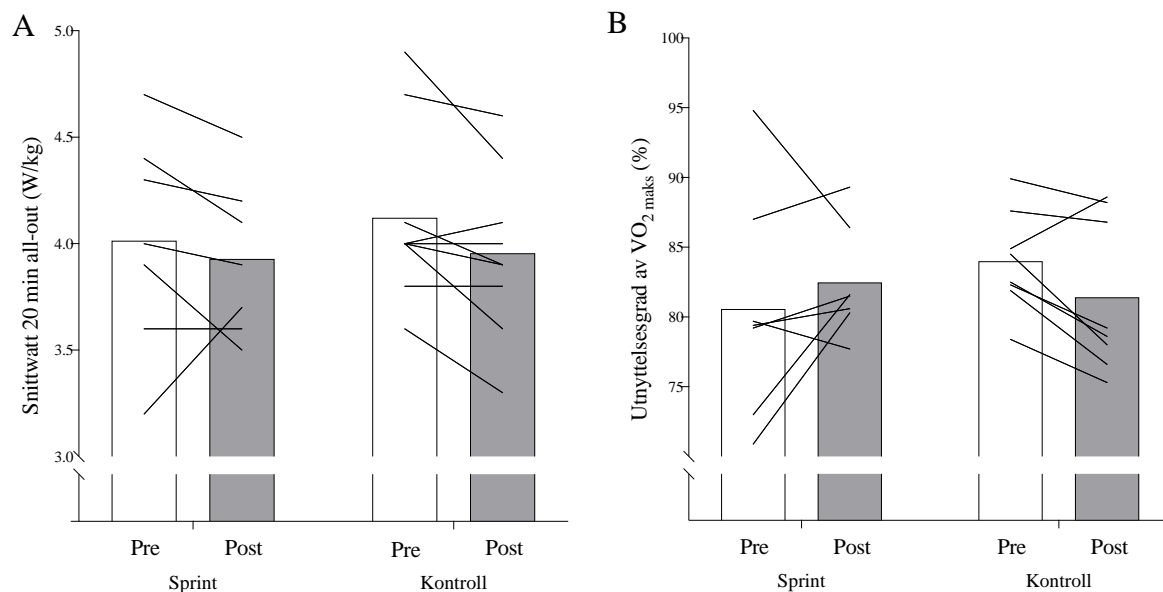


Figur 3A: Relativ effekt ved 4 mmol·L⁻¹ [Bla-] i W/kg. B: relativt maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}) i ml/min/kg. C: relativ maksimal aerob effekt (W_{maks}) i W/kg. Data er pressantert som gjennomsnitt (bar) og individuelle endringer (linjer).

20-min all-out, utnyttelsesgrad, [BLa-] og arbeidsøkonomi

Det var ingen gruppeforskjell i endringen i snittwatt under 20-min all-out fra pre til post ($p=0,59$, ES: 0,1). Snittwatten under 20-min all-out i både S ($-2 \pm 8 \%$, $p=0,60$, ES: -0,2) og K ($-3 \pm 5 \%$, $p=0,11$, ES: -0,3) ble vedlikeholdt fra pre til post.

Det var en tendens til ulik endring mellom gruppene fra pre til post i utnyttelsesgrad av VO_{2maks} under 20-min all-out (S: $1,9 \pm 6,1$ vs K: $-2,6 \pm 3,1$ prosentpoeng, $p=0,09$, ES: 0,8), og moderat ES. Utnyttelsesgraden ble vedlikeholdt fra pre til post i S (pre: $80,6 \pm 8,2$ vs. post: $82,5 \pm 4\%$, $p=0,51$, ES: 0,2) og K (pre: $84,0 \pm 3,6$ vs. post: $81,7 \pm 5,2\%$, $p=0,27$, ES: -0,6). Det var ingen gruppeforskjell i endring i [BLa-] eller Borg-score etter 20-min all-out (henholdsvis $p=0,21$ og $p=0,97$) og begge var uendret fra pre til post i både S og K (tabell 2). Det var ingen forskjell i endring i arbeidsøkonomi mellom gruppene fra pre til post i uthvilt ($p=0,18$) eller semi-trett tilstand ($p=0,96$) (tabell 2). Arbeidsøkonomien endret seg heller ikke forskjellig fra uthvilt til semi-trett tilstand i pre ($p=0,21$) eller post ($p=0,38$) (tabell 2).



Figur 4A: Snittwatt på 20 min all-out i W/kg. B: Utnyttelsesgrad av VO_{2maks} i %. Data er pressantert som gjennomsnitt (bar) og individuelle endringer (linjer).

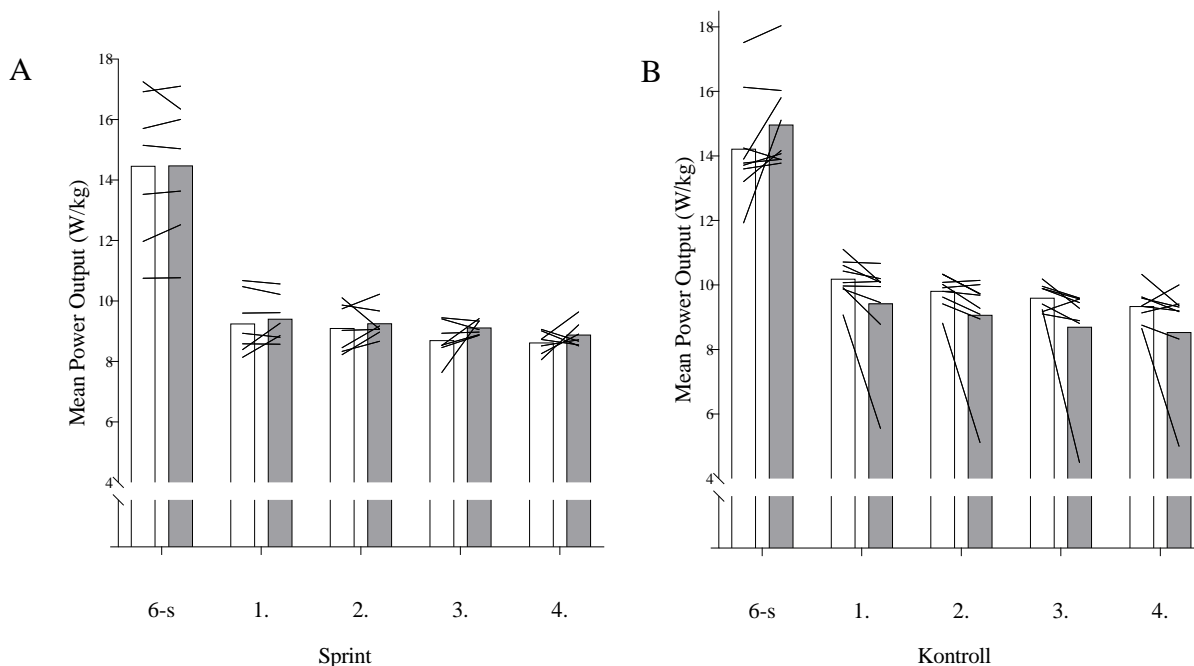
Tabell 2: Blodlaktatkonsentrasjon [BLa-] og opplevd anstrengelse (Borg) etter 20-min all-out og arbeidsøkonomi i frisk og semi-trett tilstand målt før (pre) og etter (post) 3 uker sesongpause hos elitesyklister. Data er pressantert som gjennomsnitt \pm standardavvik.

	Sprint		Kontroll	
	Pre	Post	Pre	Post
[BLa-] 20 min all-out mmol·L ⁻¹	4,7 \pm 3,3	5,7 \pm 3,0	7,4 \pm 2,1	6,2 \pm 1,6
Borg-score 20 min all-out	18,1 \pm 2,9	18,1 \pm 1,6	18,9 \pm 0,6	19,3 \pm 1,0
Arbeidsøkonomi frisk (%)	19,9 \pm 1,5	19,5 \pm 0,8	19,1 \pm 0,5	19,2 \pm 0,6
Arbeidsøkonomi semi-trett (%)	18,9 \pm 1,4	18,9 \pm 1,2	19,0 \pm 0,3	19,3 \pm 1,1

Sprint prestasjon

Det var ingen gruppeforskjell i endring i gjennomsnittslig effekt på 6-s ($p=0,18$), og ES ble anslått å være liten (ES: -0,4). Den gjennomsnittslige effekten på 6-s i S forble uendret ($p=0,99$, ES: 0,0), mens den gjennomsnittslige effekten på 6-s økte med 6 ± 9 % i K fra pre til post ($p=0,05$, ES: 0,5).

Det var ingen gruppeforskjell i absolutt endring i 30-s sprint prestasjon mellom gruppene fra pre til post ($p=0,41$) (figur 5A og B). ES på endringen mellom gruppene ble regnet som stor til veldig stor (ES: 1,1 – 2,3). Det var ingen effekt av tid på 30-s sprint prestasjon i S ($p=0,19$), mens det i K var en tendens til negativ effekt av tid på 30-s sprint prestasjon ($p=0,09$). ES ble regnet som liten til moderat for post sprintene i S (sprint 1: 0,2, sprint 2: 0,2, sprint 3: 0,7, sprint 4: 0,7) og stor til veldig stor negativ effekt for post sprintene i K (sprint 1: -1,3, sprint 2: -1,5, sprint 3: -2,1, sprint 4: -1,5) i forhold til pre.



Figur 5: Gjennomsnittlig power output i W/kg på 6-s og 4x30s sprint i sprint (A) og kontroll (B). Gjennomsnitt (bar) og individuelle endringer (linjer).

Styrkeparametre og kroppssammensetning

Det var ingen forskjell i endring mellom gruppene i F_{maks} og P_{maks} (henholdsvis, $p=0,34$, $p=0,47$). Det var heller ingen endring fra pre til post i F_{maks} og P_{maks} (tabell 3). Det var ingen forskjell i endring mellom gruppene i FFM ($p=0,25$), men det var en reduksjon i FFM fra pre til post i K ($p=0,02$). Det var ingen effekt av tid på fettprosent og begge gruppene var uendret fra pre til post.

Tabell 3: styrkeparametere og kroppssammensetning. * indikerer effekt av tid ($p=0,02$). Data pressantert som gjennomsnitt \pm SD fra pre til post.

	Sprint				Kontroll			
	Pre		Post		Pre		Post	
<i>Styrkeparametere (sprint n=7, kontroll n=7)</i>								
F_{maks} (N)	3030	\pm 441	2971	\pm 528	3400	\pm 902	3095	\pm 725
P_{maks} (W)	1516	\pm 332	1524	\pm 460	1553	\pm 251	1611	\pm 310
<i>Kroppssammensetning (sprint n=4, kontroll n=6)</i>								
FFM (kg)	63,0	\pm 6,1	61,6	\pm 6,9	63,6*	\pm 6,1	60,3	\pm 5,7
Fettprosent (%)	11,0	\pm 1,5	11,6	\pm 1,4	12,1	\pm 5,3	12,6	\pm 5,9

Diskusjon

Denne studien undersøkte effekten av ett ukentlig innslag av 30-s sprinter i en LIT-økt gjennom den tre uker lange sesongpausen med redusert treningsbelastning hos elitesyklister. Hovedfunnet i studien var at innslag av sprinter ga vedlikehold av 30-s sprintprestasjon med liten til moderat effekt (ES), mens utelukkende LIT ga en tendens til redusert prestasjon på 30-s sprinter med moderat til veldig stor negativ effekt (ES). Endringen mellom gruppene var stor til veldig stor (ES: 1,1 – 2,3) i favør S.

Det var ingen gruppeforskjeller på 20-min all-out prestasjon, men det var en tendens til gruppeforskjell med moderat effekt på utnyttelsesgrad av VO_{2maks} under 20-min all-out, hvor S ble vedlikeholdt, mens det var en tendens til reduksjon i K med moderat effekt (ES).

Det var en lik gruppereduksjon i power output ved 4 mmol·L⁻¹ [Bla-], mens VO_{2maks} og W_{maks} var uendret i begge gruppene fra pre til post.

Sprint prestasjon

30-s sprintprestasjonen ble vedlikeholdt i S fra pre til post, mens det var en tendens til negativ effekt av tid på 30-s sprint prestasjon i K. ES ble regnet som (liten til) moderat for sprintene i S fra pre til post. Hvilket stemmer godt med spesifistetsprinsippet (Hallén & Ronglan, 2011) og understreker at det var en moderat effekt av intervensjonen. ES ble regnet som stor til veldig stor for sprintene i K fra pre til post og indikerer at sprintprestasjon svekkes når en ikke trener sprinter. Den moderate positive effekten av sprinter, til tross for relativt få sprinter (9x30-s), gjenspeiler det faktum at at sprinttrening er vist å være en potent treningsform (Burgomaster, Hughes, Heigenhauser, Bradwell, & Gibala, 2005; Coyle, 2005).

Effekten av sprintene gjenspeiles imidlertid ikke i økt W_{maks} , hvilket det egentlig kunne tenkes og gjøre basert på tidligere studier (Gunnarsson et al., 2019; Laursen, Shing, Peake, Coombes, & Jenkins, 2002). Dog var ikke treningsvolumet redusert i disse studiene. En annen mulig forklaring kan være at denne studien var av betydelig kortere varighet (3 uker vs 7-8 uker) og antall sprinter betydelig lavere (27 vs 96-144 x 30-s) enn de hos Laursen et al. (2002) og Gunnarsson et al. (2019).

Gjennomsnittlig effekt på 6-s var uendret mellom gruppene, men økte i K ($6 \pm 9\%$, $p=0,05$, ES: 0,5) fra pre til post. Hypotetisk kan utelukkende LIT i K føre til manglende aktivering av type II muskelfibre og muskelaktivering, som igjen kan føre til en overgang type IIA til en

mindre utholden type IIX, som tidligere foreslått (Coyle, Martin, Bloomfield, Lowry, & Holloszy, 1985) forklare den økte anaerobe kapasiteten (6-s prestasjonen) i K. Foreliggende studie har imidlertid ikke data til å bekrefte eller avkrefte denne hypotesen, og foreslår at det forskes videre på temaet.

Det var heller ingen gruppeforskjeller i styrkeparameterne F_{maks} og P_{maks} , og disse forble uendret fra pre til post. Dette er i overensstemmelse med tidligere studier som har vist at muskelstyrken vedlikeholdes selv ved 2-4 ukers inaktivitet hos godt trente Mujika & Padilla 2000a.

Laursen et al. (2002) observerte økt utholdenhetsprestasjon (VO_{2peak} og 40 km time trial) etter fire, men ikke etter to uker med sprinttrening hos godt trente syklistere (Laursen et al., 2002). Dette er i konflikt med observasjoner på utrente hvor tydelige endringer i prestasjonsbestemmende faktorer ble observert allerede etter to uker med sprinttrening (Burgomaster, Heigenhauser, & Gibala, 2006). Dette er tidligere kommentert av Iaia og Bangsbo (2010) og indikerer at trente tilsynelatende adapterer til treningstilpasninger langsommere enn utrente (Iaia & Bangsbo, 2010). Denne studiens korte varighet (3 uker), som var valgt for å svare til den faktiske lengden på sesongpausen hos elitesyklister (Lucia et al., 2001), samt at forsøkspersonene ble kategorisert som elitesyklister (Jeukendrup et al., 2000) kan dermed tenkes å forklare hvorfor det ikke var en signifikant økning i sprintprestasjon fra pre til post.

Det kan også tenkes at denne studien hadde for lav statistisk styrke til å finne en signifikant forskjell i 30-s sprintprestasjon mellom gruppene. Moderat effekt (ES) av sprintene gjør imidlertid inklusjonen av sprinter svært interessant, særlig med tanke på at det var et relativt lavt antall sprinter (27 x 30-s) som ble inkludert i løpet av en relativt kort periode med relativt stor reduksjon i treningsbelastning.

20-min all-out prestasjon

Det var ingen gruppeforskjell i endring i snittwatt under 20-min all-out og snittwatt under 20-min all-out var vedlikehold fra pre til post i begge grupper. Et slikt vedlikehold, av snittwatt under 20-minutter all-out etter langvarig arbeid, kan tenkes å være hensiktsmessig med tanke på å kunne avgjøre sykkelritt.

Til tross for at det ikke var en signifikant forskjell, var det en tendens til gruppeforskjell i endring av utnyttelsesgrad av VO_{2maks} under 20-min all-out. Utnyttelsesgraden av VO_{2maks} under 20-min all-out var uendret i S, mens den ble redusert ~ 3 prosentpoeng i K fra pre til post med en moderat ES. Utnyttelsesgrad av VO_{2maks} er fastslått som en av de mest bestemende faktorene for utholdenhetsprestasjon, sammen med VO_{2maks} og arbeidsøkonomi (Joyner & Coyle, 2008). Derfor bør det være av interesse for enhver elitesyklist å vedlikeholde sin utnyttelsesgrad av VO_{2maks} også gjennom sesongpausen. Imidlertid er det foreslått av varigheten på arbeidet er avgjørende hvorvidt for utnyttelsesgraden av VO_{2maks} er en bestemmende faktor, og at utnyttelsesgraden av VO_{2maks} antakelig er mindre bestemmende når arbeidstiden <20 min (Stoa et al., 2010). Stoa et al. (2010) skisserte et eksempel hvor to utøvere på ulike nivåer løper alt de kan i 10 minutter. Begge vil da evne å ligge på sin VO_{2maks} , og således den samme utnyttelsesgraden av VO_{2maks} . Likevel vil den løperen på det høyeste nivået komme lengst på disse 10 minuttene. Antakelig fordi utøveren har høyere VO_{2maks} og bedre arbeidsøkonomi enn utøveren på lavere nivå (Stoa et al., 2010)

Vedlikeholdet av snittwatt under 20-min all-out var i denne studien sammenfallende med vedlikehold av utnyttelsesgraden av VO_{2maks} i S, men reduksjon i utnyttelsesgrad i K. Ettersom viktigheten av utnyttelsesgraden av VO_{2maks} ser ut til å øke med økt varighet på utholdenhetsprestasjonen (Stoa et al., 2010), kan det tenkes at reduksjonen i utnyttelsesgraden av VO_{2maks} hadde vært gjenspeilet i en reduksjon i snittwatten dersom all-out testen var av lengere varighet.

For utholdenhetsprestasjoner av kortere varighet ser VO_{2maks} og arbeidsøkonomi ut til å være av større betydning (Stoa et al., 2010). VO_{2maks} ble vedlikeholdt fra pre til post i begge gruppene, slik som hos andre studier med sprinter (Bangsbo et al., 2009; Iaia et al., 2009; Iaia et al., 2008). Korte perioder helt uten trening er imidlertid vist å gi en reduksjon i VO_{2maks} hos godt trente (Mujika & Padilla, 2000). Dermed kan det se ut som en viss treningsbelastning er nødvendig for å vedlikeholde VO_{2maks} gjennom sesongpausen (Bosquet et al., 2007; Coyle et al., 1984; Ronnestad et al., 2014).

Lucia et al. (1998) observerte at bedre arbeidsøkonomi hos elitesyklistene så ut til å være en av hovedfaktorene som skilte prestasjonsnivået fra godt trente syklister (Lucia et al., 1998). Dette støttes også av Conley og Krahenbuhl (1980) som pekte på arbeidsøkonomi som det som skilte prestasjonen på 10 km løping hos en homogen gruppe godt trente løpere (Conley & Krahenbuhl,

1980). Foreliggende studien observerte ingen gruppeforskjell i endring i arbeidsøkonomi fra pre til post hverken i uthvilt eller semi-trett tilstand. Arbeidsøkonomien endret seg heller ikke forskjellig fra uthvilt til semi-trett tilstand pre eller post (tabell 2). Iaia observerte imidlertid forbedret arbeidsøkonomi, uttrykt som reduksjon i VO_2 på en gitt submaksimal hastighet etter fire uker med sprinttrening hos løpere (Iaia et al., 2009). Imidlertid ser arbeidsøkonomi ut til å være en faktor som utvikles over tid, også hos elitesyklister, mens VO_{2maks} slutter å øke når den når et visst nivå (Santalla et al., 2009). Dermed er det foreslått at en god arbeidsøkonomi kan kompensere for en lavere VO_{2maks} (Santalla et al., 2009).

Når det er sagt er det viktig å understreke at treningsvolumet i foreliggende studie ble redusert med ~60 % fra deltakernes normale treningsvolum (gjennomsnittet av de siste fire ukene før intervensjonen). Det faktum at de prestasjonsbestemmende faktorene for en utholdenhetsprestasjon (VO_{2maks} , utnyttelsesgrad av VO_{2maks} og arbeidsøkonomi) og dermed også 20-min all-out prestasjonen ble vedlikeholdt etter tre uker med ~60% reduksjon i treningsvolum, samt at sprintene, til tross for å være relativt få, har moderat effekt på sprintprestasjon i S, vitner om at sprinttrening er en potent treningsform. Det ser også ut til å være viktig med innslag av HIT for å vedlikeholde prestasjonsnivået gjennom sesongpausen (Rønnestad et al., 2014).

Konklusjon

Foreliggende studie konkluderer med at ett ukentlig innslag av 30-s sprinter i en LIT-økt gjennom den 3 uker lange sesongpausen, har moderat effekt på sprintprestasjon hos elitesyklister, til tross for ~60% reduksjon i treningsbelastning. Til sammenlikning det ble observert en tendens til reduksjon i sprintprestasjon i K som utelukkende trente LIT gjennom sesongpausen. Hverken VO_{2maks} eller W_{maks} var endret i noen av gruppene fra pre til post.

Perspektiv

Den moderate effekten av sprintene bør være tilstrekkelig til at elitesyklister vurderer å inkludere sprinttrening også i sesongpausen, særlig dersom en har ambisjoner om å heve prestasjonsnivået påfølgende sesong (Mujika et al., 1995).

Elitesyklister er ikke den enkleste gruppen å rekruttere til å delta i forskning. Foreliggende studie opplevde det som særlig utfordrende i sesongpausen hvor mange skulle reise på ferie og av den grunn ikke kunne forplikte seg til deltakelse i studien. Andre ytret et ønske om ikke å forplikte seg til noen form for trening i sesongpausen. Dette medførte at studien endte opp med

en relativt lav n , $n = 16$. Det ville vært interessant å gjennomføre en tilsvarende studie med høyere statistisk styrke.

Referanser

- Bangsbo, J., Gunnarsson, T. P., Wendell, J., Nybo, L., & Thomassen, M. (2009). Reduced volume and increased training intensity elevate muscle Na⁺-K⁺ pump alpha2-subunit expression as well as short- and long-term work capacity in humans. *J Appl Physiol (1985)*, *107*(6), 1771-1780. doi:10.1152/jappphysiol.00358.2009
- Bar-Or, O. (1987). The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Med*, *4*(6), 381-394. doi:10.2165/00007256-198704060-00001
- Bassett, D. R., Jr., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, *32*(1), 70-84. doi:10.1097/00005768-200001000-00012
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med*, *2*(2), 92-98. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5523831>
- Bosquet, L., Montpetit, J., Arvisais, D., & Mujika, I. (2007). Effects of tapering on performance: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*, *39*(8), 1358-1365. doi:10.1249/mss.0b013e31806010e0
- Burgomaster, K. A., Heigenhauser, G. J., & Gibala, M. J. (2006). Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. *J Appl Physiol (1985)*, *100*(6), 2041-2047. doi:10.1152/jappphysiol.01220.2005
- Burgomaster, K. A., Hughes, S. C., Heigenhauser, G. J., Bradwell, S. N., & Gibala, M. J. (2005). Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *J Appl Physiol (1985)*, *98*(6), 1985-1990. doi:10.1152/jappphysiol.01095.2004
- 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. *Int J Sports Physiol Perform*, *13*(4), 412-419. doi:10.1123/ijsp.2017-0110
- Coyle, E. F. (1995). Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc Sport Sci Rev*, *23*, 25-63. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7556353>
- Coyle, E. F. (2005). Very intense exercise-training is extremely potent and time efficient: a reminder. *J Appl Physiol (1985)*, *98*(6), 1983-1984. doi:10.1152/jappphysiol.00215.2005
- Coyle, E. F., Martin, W. H., 3rd, Bloomfield, S. A., Lowry, O. H., & Holloszy, J. O. (1985). Effects of detraining on responses to submaximal exercise. *J Appl Physiol (1985)*, *59*(3), 853-859. doi:10.1152/jappl.1985.59.3.853
- Coyle, E. F., Martin, W. H., 3rd, Sinacore, D. R., Joyner, M. J., Hagberg, J. M., & Holloszy, J. O. (1984). Time course of loss of adaptations after stopping prolonged intense endurance training. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, *57*(6), 1857-1864. doi:10.1152/jappl.1984.57.6.1857
- Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Horowitz, J. F., & Beltz, J. D. (1992). Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. *Med Sci Sports Exerc*, *24*(7), 782-788. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1501563>
- Faria, E. W., Parker, D. L., & Faria, I. E. (2005). The science of cycling: physiology and training - part 1. *Sports Med*, *35*(4), 285-312. doi:10.2165/00007256-200535040-00002
- Fernandez-Garcia, B., Perez-Landaluce, J., Rodriguez-Alonso, M., & Terrados, N. (2000). Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. *Med Sci Sports Exerc*, *32*(5), 1002-1006. doi:10.1097/00005768-200005000-00019

- Gunnarsson, T. P., Brandt, N., Fiorenza, M., Hostrup, M., Pilegaard, H., & Bangsbo, J. (2019). Inclusion of sprints in moderate intensity continuous training leads to muscle oxidative adaptations in trained individuals. *Physiol Rep*, 7(4), e13976. doi:10.14814/phy2.13976
- Hallén, J., & Ronglan, L. T. (2011). *Treningslære for idrettene*. Oslo: Akilles.
- Hawley, J. A., & Noakes, T. D. (1992). Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 65(1), 79-83. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1505544>
- Holloszy, J. O., & Coyle, E. F. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 56(4), 831-838. doi:10.1152/jappl.1984.56.4.831
- Hopker, J., Coleman, D., Jobson, S. A., & Passfield, L. (2012). Inverse relationship between $\dot{V}O_2\text{max}$ and gross efficiency. *Int J Sports Med*, 33(10), 789-794. doi:10.1055/s-0032-1304640
- Houmard, J. A., Costill, D. L., Mitchell, J. B., Park, S. H., Hickner, R. C., & Roemmich, J. N. (1990). Reduced training maintains performance in distance runners. *Int J Sports Med*, 11(1), 46-52. doi:10.1055/s-2007-1024761
- Houmard, J. A., Kirwan, J. P., Flynn, M. G., & Mitchell, J. B. (1989). Effects of reduced training on submaximal and maximal running responses. *Int J Sports Med*, 10(1), 30-33. doi:10.1055/s-2007-1024869
- Iaia, F. M., & Bangsbo, J. (2010). Speed endurance training is a powerful stimulus for physiological adaptations and performance improvements of athletes. In (Vol. 20, pp. 11-23). Oxford, UK.
- Iaia, F. M., Hellsten, Y., Nielsen, J. J., Fernstrom, M., Sahlin, K., & Bangsbo, J. (2009). Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume. *J Appl Physiol (1985)*, 106(1), 73-80. doi:10.1152/jappphysiol.90676.2008
- Iaia, F. M., Thomassen, M., Kolding, H., Gunnarsson, T., Wendell, J., Rostgaard, T., . . . Bangsbo, J. (2008). Reduced volume but increased training intensity elevates muscle $\text{Na}^+\text{-K}^+$ pump $\alpha 1$ -subunit and NHE1 expression as well as short-term work capacity in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 294(3), R966-974. doi:10.1152/ajpregu.00666.2007
- Jeukendrup, A. E., Craig, N. P., & Hawley, J. A. (2000). The bioenergetics of World Class Cycling. *J Sci Med Sport*, 3(4), 414-433. doi:10.1016/s1440-2440(00)80008-0
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol*, 586(1), 35-44. doi: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. *Med Sci Sports Exerc*, 34(11), 1801-1807. doi:10.1097/00005768-200211000-00017
- Lucia, A., Hoyos, J., & Chicharro, J. L. (2001). Physiology of professional road cycling. *Sports Med*, 31(5), 325-337. doi:10.2165/00007256-200131050-00004
- Lucía, A., Hoyos, J., Pardo, J., & Chicharro, J. L. (2000). Metabolic and neuromuscular adaptations to endurance training in professional cyclists: a longitudinal study. *Jpn J Physiol*, 50(3), 381-388. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11016988>

- Lucia, A., Hoyos, J., Perez, M., Santalla, A., & Chicharro, J. L. (2002). Inverse relationship between VO₂max and economy/efficiency in world-class cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, *34*(12), 2079-2084. doi:10.1249/01.MSS.0000039306.92778.DF
- Lucia, A., Hoyos, J., Perez, M., Santalla, A., Earnest, C. P., & Chicharro, J. L. (2004). Which laboratory variable is related with time trial performance time in the Tour de France? *Br J Sports Med*, *38*(5), 636-640. doi:10.1136/bjism.2003.008490
- Lucia, A., Pardo, J., Durantez, A., Hoyos, J., & Chicharro, J. L. (1998). Physiological differences between professional and elite road cyclists. *Int J Sports Med*, *19*(5), 342-348. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9721058>
- Maldonado-Martin, S., Camara, J., James, D. V. B., Fernandez-Lopez, J. R., & Artetxe-Gezuraga, X. (2017). Effects of long-term training cessation in young top-level road cyclists. *J Sports Sci*, *35*(14), 1396-1401. doi:10.1080/02640414.2016.1215502
- Manzi, V., Iellamo, F., Impellizzeri, F., D'Ottavio, S., & Castagna, C. (2009). Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, *41*(11), 2090-2096. doi:10.1249/MSS.0b013e3181a6a959
- Mujika, I., Chatard, J. C., Busso, T., Geysant, A., Barale, F., & Lacoste, L. (1995). Effects of training on performance in competitive swimming. *Can J Appl Physiol*, *20*(4), 395-406. doi:10.1139/h95-031
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000). Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training stimulus. *Sports Med*, *30*(2), 79-87. doi:10.2165/00007256-200030020-00002
- Noordhof, D. A., Skiba, P. F., & de Koning, J. J. (2013). Determining anaerobic capacity in sporting activities. *Int J Sports Physiol Perform*, *8*(5), 475-482. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24026759>
- Peronnet, F., & Massicotte, D. (1991). Table of nonprotein respiratory quotient: an update. *Can J Sport Sci*, *16*(1), 23-29. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1645211>
- Rønnestad, B. R., Askestad, A., & Hansen, J. (2014). HIT maintains performance during the transition period and improves next season performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol*, *114*(9), 1831-1839. doi:10.1007/s00421-014-2919-5
- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A., & Raastad, T. (2010). Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol*, *108*(5), 965-975. doi:10.1007/s00421-009-1307-z
- Santalla, A., Naranjo, J., & Terrados, N. (2009). Muscle efficiency improves over time in world-class cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, *41*(5), 1096-1101. doi:10.1249/MSS.0b013e318191c802
- Sassi, A., Impellizzeri, F. M., Morelli, A., Menaspa, P., & Rampinini, E. (2008). Seasonal changes in aerobic fitness indices in elite cyclists. *Appl Physiol Nutr Metab*, *33*(4), 735-742. doi:10.1139/H08-046
- Stoa, E. M., Storen, O., Enoksen, E., & Ingjer, F. (2010). Percent utilization of VO₂ max at 5-km competition velocity does not determine time performance at 5 km among elite distance runners. *J Strength Cond Res*, *24*(5), 1340-1345. doi:10.1519/JSC.0b013e3181cc5f7b
- Westerblad, H., Bruton, J. D., & Katz, A. (2010). Skeletal muscle: energy metabolism, fiber types, fatigue and adaptability. *Exp Cell Res*, *316*(18), 3093-3099. doi:10.1016/j.yexcr.2010.05.019

Åstrand, P.-O., & Rodahl, K. (1986). *Textbook of Work Physiology*. New York: McGraw-Hill