



Norwegian University of  
Science and Technology

# **Effekten av utholdenhetstrening på prestasjon i elitelangrenn**

**-ved ulik manipulasjon av HIT, blokkperiodisering  
og tradisjonell lineær utholdenhetstrening**

**Bacheloroppgave i bevegelsesvitenskap  
BEV2900 - Vår 2019**

Institutt for nevromedisin og bevegelsesvitenskap, NTNU

Kandidatnummer 10040 og 10057

Antall ord i abstrakt: 160

Antall ord i oppgaven: 4444

## Abstrakt

**Formål:** Å undersøke om langrennsutøvere på elitenivå i junior – eller seniorklassen oppnår bedre prestasjon ved å manipulere HIT gjennom intervall, volum eller blokkperiodisering fremfor tradisjonell lineær utholdenhetstrening i grunntreningsperioden.

**Metode:** Studiet ble gjennomført som litteraturstudiet med litteratursøk i MedLine via Ovid og PubMed. Fire intervensjonsstudier og et case-studie ble inkludert.

**Resultat:** I alle intervensjonsstudier er det observert en sammenheng mellom intensitet og forbedring i prestasjon. Resultatene viser at en økning i HIT, i form av varighet på intervall, volum eller gjennom BP, har større effekt på prestasjon i langrenn og på avgjørende fysiologiske faktorer sammenliknet med TRAD. En større økning i  $VO_2$ -maks, AT,  $V_{@AT}$  og prestasjon er målt ved BP.

**Konklusjon:** Resultatene viser en større økning i prestasjon ved å manipulere HIT gjennom intervall, volum og/eller BP framfor TRAD hos eliteutøvere i langrenn. Per dags dato eksisterer det en felles oppfatning rundt HIT som avgjørende for prestasjonsfremming hos allerede godt trente utøvere.

**Nøkkelord:** eliteutøver, langrenn, høyintensitetstrening, blokkperiodisering, tradisjonell lineær utholdenhetstrening

## Abstract

**Purpose:** To investigate if elite athletes in cross country at junior or senior level achieve better effect on performance when manipulating HIT through interval, volume or in block periodization vs TRAD during basic training period.

**Method:** The study was conducted as a literature study with literature-search in MedLine via Ovid and PubMed. Four intervention studies and one case-study were included.

**Results:** In all intervention studies a relationship between intensity and improvement in performance has been observed. The results show a change in HIT, in terms of duration at volume or BP has had greater effect on performance in cross country and on essential physiological factors relative to TRAD. A greater increase in  $VO_2$ -max, AT,  $V_{@AT}$  and performance is measured in BP.

**Conclusion:** The results indicates greater performance by manipulating HIT through interval, volume or BP vs TRAD for elite athletes in cross country. Currently it exists a common perception about HIT which is essential for increase in performance in already well-trained athletes.

**Keywords:** Elite-athletes, cross country, HIT, block periodization, TRAD

## **Innholdsfortegnelse**

<b>INNLEDNING</b> .....	<b>3</b>
<b>METODE</b> .....	<b>5</b>
<b>DISKUSJON</b> .....	<b>7</b>
<b>HØVEDPRINSIPPENE VED BLOKKPERIODISERING</b> .....	<b>8</b>
<b>INTENSITETENS BETYDNING FOR UTHOLDENHETSTRENING</b> .....	<b>9</b>
<b>FYSIOLOGISKE FORKLARINGSMEKANISMER PÅ BLOKKPERIODISERING OG HIT</b> .....	<b>10</b>
<b>METODISKE OVERVEIELSER</b> .....	<b>13</b>
<b>KONKLUSJON</b> .....	<b>16</b>
<b>REFERANSELISTE</b> .....	<b>17</b>

## Innledning

Langrenn er en utholdenhetsidrett som kjennetegnes ved bruk av både over- og underekstremiteter i sykliske bevegelser gjennom varierende terreng (1). Eliteutøvere blir anerkjent som noen av verdens best trente utholdenhetsutøvere (2,3). Idretten har endret seg betraktelig i løpet av de siste tiårene med nye disipliner som fellesstart, sprint og en forandret løypeprofil i tillegg til en stor utvikling av både utstyr, treningsverktøy og sub-teknikker(1,3). Gjennomsnittshastigheten på distansedisiplinene i klassisk- og skøyteteknikk individuellstart i World Cup har vært økende de siste årene for begge kjønn og denne utviklingen i moderne langrenn er med på å utfordre den tradisjonelle treningsfilosofien (1,3).

En viktig del av planleggingsarbeidet til langrennsutøvere er periodisering og intensitetsstyring med bakgrunn i et årlig treningsvolum fra 750 til 950 timer (4). Hvor i sesongen utøverne befinner seg legger føringer for treningen(5). Treningsvariabler som volum, hyppighet, og intensitetsfordeling viser seg å ha en avgjørende rolle for å maksimere fysisk kapasitet og ytelse (6). Suksess i langrenn oppnås ved å manipulere treningsintensitet, frekvens og varighet samtidig som en ønsker å minimere risikoen for negative utfall ved treningen (7). Kvantifisering av trening og intensitetsstyring bygger ofte på intensitetskalaer som baseres på maksimal hjertefrekvens,  $VO_2$ -maks og/eller laktatkonsentrasjon (7,8). Optimalisering av den fysiske kapasiteten gjennom god manipulativ trening vil øke prestasjonen (ibid).

Prestasjonen på elitenivå i langrenn er sterkt korrelert med aerob kapasitet og anaerob kapasitet (3,4,6,7). For den aerobe kapasiteten er følgende faktorer viktige for prestasjon  $VO_2$ -maks, anaerob terskel (AT: høyeste intensitetsnivå hvor det er likevekt mellom produksjon og eliminasjon av laktat (9)) og utnyttingsgrad. Andre sentrale faktorer for prestasjon i langrenn er arbeidsøkonomi ( $O_2$ -kostnad, oksygenforbruket på en gitt belastning, distanse eller hastighet (3)), terskelfart ( $V_{@AT}$ , ) og oksygenforbruk ved ventilatorisk terskel ( $O_2VT$ ) (5,6,9–11). Et stort treningsvolum rettes mot nevnte faktorer for å forbedre prestasjon i konkurranse (5–7,9–11).

Tradisjonell utholdenhetstrening består hovedsakelig av 80% lavintensitetsøkter og 20% høyintensitetsøkter. Lavintensitetsøktene (LIT, HF maks <83% og laktat ( $mmol \cdot L^{-1}$ ) < 2,5) utføres hovedsakelig i grunntreningsperioden (GP) (6). De gjenværende 20% av treningsøktene

gjennomføres som moderat intensitetstrening (MIT, HFmaks 83% – 92% og laktat (mmol . L<sup>-1</sup>) 2,5 - 4.0) (8) eller høy intensitetstrening (HIT, HF > 92% og laktat (mmol . L<sup>-1</sup>) > 4.0) (4–7,9,10). Terskeltrening anbefales for å trene konkurransespesifikk hastighet og innebærer en intensitet ved/på den anaerobe terskel (MIT) (10). I konkurranseperioden (KP) gjennomføres størst andel av høyintensitetsøktene (6).

I løpet av sesongen til en langrennsløper fordeles treningsvolumet i GP (60%) og KP (40%) (12). GP innebærer trening som forbedrer prestasjonsevnen ved å frigjøre mer energi per tidsenhet ved aerob/anaerob kapasitet og forbedring i arbeidsøkonomien (10). En hensiktsmessig fordeling av intensitet og treningsvolum i denne perioden er avgjørende for prestasjon (6). I løpet av 90-tallet oppstod en drastisk nedgang i treningsvolum (13). Dette medførte et større fokus på periodisering av treningen i “blokker” fremfor den tradisjonelle organiseringen (ibid). Der den tradisjonelle lineære periodiseringen av utholdenhetstreningen (TRAD) tillater en mer kompleks bruk av ulike arbeidsmengder rettet mot flere fysiske egenskaper, fokuserer blokkperiodiseringen (BP) på å akkumulere et fåtall av egenskapene (13). Hovedprinsippet ved BP knyttes til en konsentrasjon av treningsbelastning. Dette for å gi stimuli som vil forbedre spesifikke egenskaper hos elite-utøvere. Til tross tyder gjeldende litteratur på at eliteutøvere i stor grad benytter seg av TRAD (3,4,6,12) Issurin (13,14) hevder at de metabolske effektene av BP kontra TRAD er overlegne. *Formålet med denne studien er derfor å undersøke om langrennsutøvere på elitenivå i junior – eller seniorklassen oppnår bedre prestasjon ved å manipulere HIT gjennom intervall, volum eller blokkperiodisering framfor tradisjonell lineær utholdenhetstrening i grunntreningsperioden.*

## **Metode**

Litteratursøket ble gjennomført i to databaser, MedLine via Ovid og PubMed med tilgang via biblioteket ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Trondheim.

Hovedtyngden i litteratursøket er utført i MedLine. Litteratur er funnet ved bruk av søkeordene “cross country”, “training”, “high intensity”, “elite” og “training” som ga totalt 34 studier.

Inkluderingskriterier til studiene er: 1) langrennsbasert trening i grunnperioden, 2) søkeord presentert i tittel/abstrakt/nøkkelord, 3) kun originalartikler og 4) eliteutøvere på junior- og/eller seniornivå. Studien (e) ble ekskludert hvis subjektene ikke var konkurranseutøvere og/eller ikke gjennomført pre- og posttester. Gjennom referanselisten til (11,15,16) inkluderte vi ytterligere to studier i hovedlitteraturen (12,17). Fire intervensjonsstudier (11,15–17) ble inkludert og et casestudie (12) med bakgrunn i dens relevanse, og faglig tyngde innen treningskarakteristikkene til en av tidenes vinterolympier.

## **Resultat**

Hovedresultatene er presentert i tabell 1. Subjektene i intervensjonsgruppen(e) er langrennsutøvere i junior/senior-klassen på nasjonalt og/eller elitenivå. De har gjennomført tradisjonell utholdenhetstrening eller blokkperiodisering i grunnperioden og/eller konkurranseperiode.

**Tabell.1 Intervensjonsstudier som undersøker effekt av ulik intensitetstrening hos eliteutøvere i langrenn**

Førsteforfatter	Metode	Mål	Resultater
<b>Gaskill et al, 1999</b> (17)	Landslagsløpere for USA (n=14) gjennomførte lik trening i et år før gruppen ble randomisert i to grupper, CG (n=7) og HIG (N=7). For det neste året gjennomførte CG lik trening som året før, mens HIG økte HIT fra 16% til 36% og en reduksjon i LIT med 22%.	Evaluerer hvordan eliteutøvere uten positiv respons på høy treningsvolum med lav intensitet opplever effekt av økt mengde høyintensitets og lavere treningsvolum.	HIG viste signifikant forbedring i VO <sub>2</sub> -maks, anaerobterskel, maksimal armstyrke og konkurranseresultater etter et år med økt HIT trening og reduksjon i LIT trening. For CG ble det ikke registrert noen signifikant forbedring etter et år med trening.
<b>Evertsen et al, 2008</b> (16)	Norske junior eliteutøvere (n=20) ble tilfeldig fordelt i to grupper HIG (n=10) og MIG (n=10). HIG og MIG gjennomførte ulik trening i 5 måneder. 2 måneder i forkant av studiet gjennomførte gruppene lik trening.  HIG trente på 80-90% VO <sub>2</sub> -maks 83% av 13t/uka, resterende trening 17% 60-70% VO <sub>2</sub> -maks. MIG trente på 60-70% VO <sub>2</sub> -maks 86% av 16t/uka, resterende trening ble utført på 80-90% VO <sub>2</sub> -maks.	Effekt av intensitetstrening hos juniorelite-utøvere i langrenn over en 5-måneders periode.	Ingen av utøverne opplevde en økning VO <sub>2</sub> -maks etter 5 måneder. På 20min-løpetest løp HIG 3,8% lengre på post-test enn pre-test (+160±23m, 3.8%). For MIG var det en økning på (77±32m, 1.9%). HIG oppnådde en økning i *V <sub>@AT</sub> (+3.2±0.9%). MIG hadde en svak reduksjon (-1.1±1.6%) noe som ikke var signifikant.
<b>Sandbakk et al, 2013</b> (11)	Norske junior eliteutøvere gjennomførte 8-ukers grunntrening før de ble randomisert i tre grupper: LIG (n=7), SIG (n=7) og CG (n=7). Iløpet av intervensjonsperioden på 8-uker gjennomførte alle grupper normal trening, men la til to ekstra økter. LIG la til 2 HIT-økter/uke med 5-10min varighet, SIG la til 2 HIT-økter/uke med 2-4min varighet og CG la til 2 LIT-økter/uke på ca.100 min.	Evaluerer effekt og forskjell på varighet av HIT (LIG/SIG) sammenlignet med kontrollgruppe (LIT) med lik treningsvolum.	LIG forbedret 12km rulleski-test (6.8±4%), 7km motbakkeløp (4.8±2.6%), VO <sub>2</sub> -maks (3.7±1.6) og O <sub>2</sub> VT (5.8±3.3%). SIG forbedret kun VO <sub>2</sub> -maks (3.5±3.2%). CG oppnådde ingen forbedring etter intervensjonsperioden.
<b>Rønnestad et al, 2016</b> (15)	Norske junior eliteutøvere ble randomisert i to grupper: BP (n=10) og TRAD (n=9) gjennomførte 5-ukers trening. BP= 5HIT/uke1, 3HIT/uke3 og 1-HIT resterende.  TRAD= 3HIT/uke3, 2HIT resterende.	Undersøke effekten av to ulike metoder å organisere HIT på for junior eliteutøvere.	BP opplevde en økning i peak power output 4±4% mens TRAD opplevde en reduksjon i peak power output -3±6%. Power output økte for begge gruppene, men en større økning for BP 11±10% vs 2±4% TRAD. Hos BP ble det observert en økning VO <sub>2</sub> -maks 2±2%. TRAD målte ingen endring.

Alle studiene (11,15–17) observerte en sammenheng mellom intensitet og økning i prestasjon. Resultatene viser en økning i HIT, i form av varighet på intervall, volum eller gjennom BP, har større effekt på prestasjonen i langrenn og på avgjørende fysiologiske faktorer sammenliknet med TRAD. Studiet med lengst intervensjonstid og størst volum av HIT (17) observerte en signifikant forskjell i både fysiologiske faktorer og prestasjon mellom kontrollgruppen og HIT. I (15,17) ble det målt en endring i  $VO_2$ -maks som følge av BP. Dette er ikke tilfelle i (11,16), hvor det ble observert en økning i  $VO_2$ -maks og/eller  $V_{@AT}$  som følge av HIT. Observasjoner viste større forbedring blant de som trente HIT, BP eller LIG i motsetning til TRAD på ulike testløp utført på rulleski eller løping (11,16,17).

I case-studiet utført av Solli et al (12) er all treningsdata til en av tidenes kvinnelige vinterolympier dokumentert i hennes suksessperiode fra 2010-2015. Treningskarakteristikkene viser et totalt årlig treningsvolum på  $937 \pm 25$  timer bestående av  $8497 \pm 18t$  (91%) utholdenhet,  $75t \pm 21t$  (8%) styrke og  $14t \pm 2t$  (1%) hurtighet. Av utholdenhetstreningen utgjorde  $92.3 \pm 0.3\%$  LIT,  $2.9 \pm 0.5\%$  MIT og  $4.8 \pm 0.5\%$  HIT (inkludert konkurranser). Den gjennomsnittelige  $VO_2$ -maks og terskelfarten til utøveren ble målt til henholdsvis  $67.7 \pm 1.7$  ml/kg/min og  $10.7 \pm 0.4$  km/t ved 10,5% stigning (ibid).

## Diskusjon

Formålet med studien er å undersøke om langrennsutøvere på elitenivå i junior- eller seniorklassen oppnår bedre prestasjon ved å manipulere HIT gjennom intervall, volum eller blokkperiodisering fremfor tradisjonell utholdenhetstrening i langrenn. Resultatene viser en større positiv effekt ved blokkperiodisering på en rekke fysiologiske faktorer som maksimalt oksygenopptak, anaerob terskel, terskelfart og anaerob kapasitet (11,15–17), i tillegg er det observert en positiv effekt av BP på prestasjon i konkurranse og/eller testløp (11,16,17). Studienes intervensjonstid er fra fem uker til 2 år hvor intervensjonsgruppene har gjennomført BP eller TRAD (11,15–17). Treningsvolumet og intensitetsfordelingen er tilnærmet lik for intervensjonsgruppene i samme studie (ibid). Resultatene viser at BP har større effekt enn TRAD på prestasjon og presenterte fysiologiske faktorer. Polariseringen av HIT/LIT viser seg ikke som



avgjørende faktor for resultat i de respektive studiene. Resultatene støttes av annen litteratur gjort på andre utholdenhetsidretter (14,18–20).

### **Hovedprinsippene ved blokkperiodisering**

Issurin og medarbeiderne (13) beskriver som nevnt innledningsvis flere generelle prinsipper og forskjeller mellom blokkperiodisering og den tradisjonelle organiseringen av utholdenhetstrening. Hovedforskjellen observeres i studien til Solli et al (12) og Rønnestad et al (15). Treningsdagboken (12) viser tydelig hvordan TRAD praktiseres ved et årlig gjennomsnitt på to HIT-økter/uke sammenliknet med (15) hvor HIT praktiseres i konsentrerte blokker på opptil fem HIT-økter/uke. (13,14). Det andre prinsippet forutsetter et fåtall av fysiologiske egenskaper som kan forbedres innenfor hver enkelt blokk. Ved å gjennomføre 5 HIT-økter på en uke oppnår Rønnestad og medarbeidere i sin studie (15) en svært spesifikk overbelastning på de ønskede fysiologiske egenskapene, etterfulgt av tre uker med roligere trening for å oppnå homeostase. De fleste utholdenhetsidretter innehar flere avgjørende fysiske faktorer for prestasjon, ved BP ønsker man å fokusere på et fåtall av disse i hver blokk. Issurin (13) beskriver det tredje prinsippet ved BP som påfølgende utvikling av flere fysiologiske egenskaper og evner. Rønnestad et al (15) praktiserer dette i de blokkene med mindre konsentrert treningsvolum av HIT, noe som gjør det mulig å stimulere flere faktorer samtidig gjennom det tredje prinsippet. En slik tilnærming vil være nært knyttet TRAD ved å implementere perioder med roligere og mer variert trening. Fokuset kan derfor rettes mot andre faktorer som teknikk, testing av utstyr og/eller gjennom trening i andre aktiviteter (12). Et svært godt eksempel på tradisjonell utholdenhetstreningen ses i studiet utført av Solli og medarbeiderne (ibid).

Utfordringen med BP er det periodevis store HIT-volumet. Sammensetningen og bruken av spesialiserte mesosykluser er derfor avgjørende for å minimalisere negative utfall (13).

Rønnestad et al (15,18,19) eksemplifiserer dette gjennom en stor variasjon i fordelingen av HIT i en mesosyklus på fem uker. Mengden HIT-økter reduseres gradvis fra fem til ei HIT-økt/uke. De fysiologiske mekanismene som underbygger treningsmetodene til BP og TRAD er ulik (13,14).

Issurin konkluderer i sine studier (13,14) med at BP kan bidra til å øke prestasjonen i større grad

i utholdenhetsidretter enn TRAD. Både de metabolske effektene og utøverens endokrine status trekkes fram som overlegene ved BP (ibid).

### **Intensitetens betydning for utholdenhetstrening**

Sandbakk og medarbeidere (11) observerer at for godt trente utholdenhetsutøvere er det kun HIT som forbedrer utholdenhetsprestasjonen til utøverne, noe som støttes av Laursen et al (21). Muskelenzymaktiviteten etter en høy-intensiv treningsøkt viste ingen endring i oksidativ eller glykolytiske enzymaktivitet, men utøverne oppnådde en betydelig forbedring i utholdenhetsprestasjon etter gjennomførte HIT-økter (21). Funnene til Sandbakk og medarbeidere (11) påpeker viktigheten av intensiteten på treningen og styrker Laursens (21) antagelser om bedring i utholdenhetsprestasjon. Sandbakk et al (11) observerte kun effekt hos utøverne som trente HIT i sin studie. For kontrollgruppen ble to HIT-økter i uka erstattet med to LIT-økter, disse oppnådde ingen endring i prestasjon etter intervensjonstid. En bedring i prestasjon ble målt for kort-intervallgruppen og lang-intervallgruppen som begge gjennomførte to HIT-økter i uka. Resultatene peker på betydningen av HIT for økt utholdenhetsprestasjon hos eliteutøvere. Prestasjonforbedringen skyldes intensiteten på treningen og ikke andre treningskarakteristikker (ibid). Lignende observasjoner er gjort av Evertsen og medarbeidere (16), her oppnådde gruppen som gjennomførte høy-intensitetstrening (HIG) en større bedring i prestasjon enn gruppen som trente på moderat intensitet (MIG). HIG trente på en intensitet rundt 80-90% av VO<sub>2</sub>-maks, dette tilsvarer en intensitet like under/på anaerob terskel. MIG trente på en intensitet tilsvarende 60-70% av VO<sub>2</sub>-maks, denne intensiteten defineres som lav intensitet (7-9,16,22). Ut fra definisjonen befinner ikke HIG seg i kategorien HIT (7-9,22), men også disse funnene tyder på at intensiteten på treningen er svært avgjørende for forbedring i prestasjon. Dette viser seg gjeldende ved en fordoblet økning i løpslengde hos HIG sammenliknet med MIG på en 20-minutters løpstest (16). Viktigheten av HIT kan ytterligere poengteres gjennom studiet til Gaskill og medarbeidere (17) hvor det kun var forskjell i HIT-volum hos to grupper. Studien viser bedret prestasjon kun som en konsekvens av økt HIT-volum, (11), Evertsen (16) og Gaskill (17) poengterer betydningen av varighet og økt intensitet ved HIT for økt prestasjon hos eliteutøvere i langrenn.

Annen litteratur innenfor utholdenhetsidretter får frem hvor viktig HIT og blokkperiodisering er. Studier utført av Rønnestad et al. (18,19) på godt trente syklistere viser en større positiv effekt ved blokkperiodisering av HIT enn TRAD. Resultatene er gjeldende uavhengig av intervensjonsperioden på fire til tolv uker. Subjektene som utførte BP økte signifikant sine  $VO_2$ -maks verdier i motsetning til TRAD. Den eneste varierende faktor for utøverne var den ukentlige fordelingen av HIT (ibid). Rønnestad og medarbeidere (19) viser overlegne fysiologiske tilpasninger ved BP kontra TRAD hos elitesyklister, som resulterer i større effekt på viktige fysiologiske faktorer som også er sentrale for prestasjon i langrenn. Resultatene viser en økning i både terskelfart og prestasjon ved 20-min testløp i motbakke (ibid), noe som også er gjeldende i langrennstudier (11,15–17). Lignende fysiologiske effekter på prestasjon sees også i løping(20). Kenneally et al (20) oppsummerer i sin review-artikkel fordelene ved å organisere treningen i konsentrerte perioder fremfor den tradisjonelle metoden/terskeltrening hos både mellom- og langdistanseløpere. Her påpekes mulighetene for variert trening og implementering av terskeltreningen som en del av blokkperiodiseringen. Samtidig framheves variasjon i intensitet og betydningen av totalbelastningen og restitusjon for økt prestasjon. Seiler (7) viser i sin studie hvordan blokkperiodisering øker prestasjonsnivået i den spesifikke perioden før mesterskap hos eliteroere på juniornivå sammenlignet med TRAD. Gjeldende litteratur om blokkperiodisering i forbindelse med ulike utholdenhetsidretter viser at BP i ulik grad har positiv effekt på eliteutøvere. Selv om det ikke er full enighet omkring årsaken til økt prestasjon, er det fremmet flere ulike forklaringsmekanismer bak effekten av blokkperiodisering og HIT (11,15–19,21).

### **Fysiologiske forklaringsmekanismer på blokkperiodisering og HIT**

Det er liten tvil om effekten(e) og fordelene(e) ved å manipulere HIT gjennom intervall, volum eller BP fremfor TRAD. Ut ifra gjeldende publikasjoner er det ikke entydig hvilke fysiologiske mekanismer som kan være årsaken til disse (3,7,13,14,18–21). Den totale energiomsetningen er i all hovedsak bestemt av utøverens oksygenopptak og den anaerobe energiomsetningen i løpet av en konkurranse. Oksygenkostnaden avgjøres i all hovedsak av utøvers skiteknikk og fysiske kapasitet (6,10,21). Det er stor enighet om effektene og de fysiologiske endringene på trening hos utrente individer, noe som ikke kan sammenlignes med godt trente- og eliteutøvere (ibid). Gjennom flere studier er det avdekket hvilke fysiologiske mekanismer og egenskaper som er avgjørende for prestasjon i langrenn (3,6,10,21,22). Mannlige eliteutøvere i langrenn er blant de

med høyest maksimalt oksygenopptak, som er en avgjørende faktor for prestasjon (3,6,19,21,22,24). Studier viser at eliteutøvere har en relativt konstant  $VO_2$ -maks gjennom den årlige treningscyklusen. Det viser seg at denne ikke er relatert til økende prestasjon i løpet av et treningsår (3,6,10,12), men forbedring av andre fysiologiske faktorer bidrar til ytterligere økning i prestasjon. Treningsanalysen til en av tidenes vinterolympier (12) viser en relativt stabil  $VO_2$ -maks gjennom hennes suksessår og en gradvis bedring i anaerob terskel. Denne utviklingen gjorde det mulig for utøveren å trene med høyere hastighet og teknisk kvalitet på sine moderat intensitets- og lav intensitets-økter. Utviklingen til utøveren støttes av dokumenterte laktatprofiler og viser hvordan hastigheten ved ulike submaksimale laktatnivåer gradvis økte gjennom hele karrieren (ibid). Gjennom flere år med systematisk og målrettet tradisjonell utholdenhetstrening hevder Solli et al (12) at man maksimerer sitt potensiale som langrennsløper i 30 års alderen.

Losnegard (3) viser i sine studier årlige endringer i oksygenkostnad, oksygenopptak, oksygenunderskudd og 1000m-tid hos eliteløpere i langrenn med testing i månedene juni, august, oktober og januar/februar (3). Observasjonene viser en minimal økning i  $VO_2$ -maks samt en relativt liten økning i oksygenunderskudd gjennom en sesong. En betydelig større endring observeres hovedsakelig fra juni til oktober gjennom en stor nedgang i oksygenkostnad samtidig med en sterkt økende prestasjon på 1000m tid. Dette tyder på at økt prestasjon kan skyldes egenskaper som forbedret teknikk og/eller arbeidsøkonomi framfor økt oksygenopptak. Det er svært essensielt å påpeke hvor viktig det er for langrennsutøvere på elitenivå å strebe etter de minimale forbedringene for økt prestasjon. Tre av fire intervensjonsstudier (11,15,17) opplevde en økning i  $VO_2$ -maks hos subjektene. Samtidig ble det målt forbedring i prestasjon som følge av treningen i tre av disse (11,16,17). Resultatene viser at en minimal forbedring innen aerob kapasitet, maksimalt oksygenopptak, anaerob kapasitet, anaerob terskel eller terskelfart kan for en eliteutøver være forskjellen på suksess eller fiasko (3,6,12). Dette underbygger betydningen av en minimal økning i  $VO_2$ -maks observert i hovedlitteratur (11,12,15–17). Funnene samsvarer med en rekke andre studier (3,4,6,10,12,23) som har lignende observasjoner når det gjelder de nevnte prestasjonsfremmende faktorene.

Rønnestad et al (15) og Gaskill et al (17) nevner blokkperiodisering som en fordelaktig metode å organisere treningen for å unngå stagnasjon i maks kraft (W) og VO<sub>2</sub>-maks i oppkjøringsfasen før konkurranseperiode. Godt trente utøvere krever større stimuli for ytterligere fysiologiske adaptasjoner og forbedringer. Dette viser seg gjeldende gjennom en mer konsentrert mengde av høy-intensive treningsstimuli med totalt 5-HIT økta den første uken som gir overlegne adaptasjoner. Det er funnet bevis på prestasjonsforbedring mellom BP og TRAD som kan skyldes økt effekt i maks kraft ved 4mmol/L (15). En høyere hastighet gjennom kraftutvikling ved laktattterskel er assosiert med opprettholdelsen av en høyere konkurransehastighet over lengre tid. Rønnestad og medarbeidere (15) observerer i sin studie at maks kraft påvirker utholdenhetsprestasjon i langrenn.

Sandbakk og medarbeidere (11) viser at varighet på HIT-økterne samsvarer med effekten av HIT-økten. Det er observert større effekt ved lange intervalldrag (5-10min) enn kortere (2-4min) for å forbedre utholdenhetsprestasjoner og terskelfart. Resultatene til Sandbakk et al (11) samsvarer med Solli et al (12) og Seiler et al (7), de fant større positive adaptasjoner ved 32min 90%HRmax sammenliknet med 16min 94%HRmax. Sandbakk et al (11) peker på at den optimale distribusjonen av treningen er gjenstand for videre forskning. Studiet indikerer en mulig distribusjon ved en liten reduksjon i intensitet, samt en økning av varighet, på den høy-intensive treningen hos eliteutøvere. Dette støttes gjennom effekten på de lange intervalldragene og terskelfart som forbedrer utholdenhetsprestasjon uavhengig av VO<sub>2</sub>-maks sammenliknet med de kortere intervalldragene. Praktisk sett er små endringer i intensitet forbundet med økt risiko for tretthet noe som gjenspeiler viktigheten av individuelle tilpasninger. En forbedring i utholdenhetsprestasjon uten endringer i maksimalt oksygenopptak forklares med grunnleggende treningsfysiologi gjennom en endring i anaerob terskel, oksygenforbruk på ventilatorisk terskel og/eller arbeidsøkonomi (11). Sandbakk og medarbeidere (11) fremhever via spesifisitetsprinsippet muligheten for perifere forbedringer på muskelnivå, eksempelvis mitokondrie og aerob enzymfunksjon, og videre økt utnyttelse av oksygen ved konkurransefart hos utholdenhetsutøvere. Dette støttes også gjennom Solli et al (12).

Evertsen et al (16) observerte i sin studie lignende tendenser som Sandbakk et al (11). Forbedret prestasjon skyldes ikke en økning i VO<sub>2</sub>-maks, men en konsekvens av økt anaerob terskel og

oksygenforbruk på ventilatorisk terskel. Her beskrives en redusert laktatakkumulering ved en bestemt intensitet, som er høyere enn laktatterskelen. Evertsen et al (16) forsøker å beskrive dette som en konsekvens av redusert laktatproduksjon ved en bestemt intensitet på grunn av forbedret oksygentilførsel og dermed større aerob ATP-produksjon. En høyere anaerob terskel og oksygenforbruk på ventilatorisk terskel kan forklares ved en økning i eliminasjon av laktat eller økt styrke av pyruvatoksidasjon i musklene (ibid). Produsert laktat og pyruvat kan bli oksidert i samme muskelfiber dersom oksygentilførselen er tilstrekkelig (16).

De fysiologiske forklaringsmekanismene bak effekten av blokkperiodisering og HIT er gjenstand for diskusjon (3,7,13,14,18–21). Laursen (21) viser til at de aktive musklene har en bedret evne til å generere ATP aerobt som en mulig forklaring på økt prestasjon. Her trekkes molekylære signaler som oppstår ved trening frem slik som AMPK og Kalsium-kalmodulin kinase som sannsynligvis blir aktivert som respons på intens og langvarig trening. Signalene har lignende virkninger i muskulaturen ved at de begge fremmer utvikling av den aerobiske muskelfenotypen (ibid). I tillegg nevnes andre biomekaniske endringer, tilpasning av sentralnervesystemet og det endokrine systemet samt andre perifere endringer som økning i Myoglobin-, kapillærtetthet og fibertypeegenskaper som mulig fysiologiske forklaringer til økt prestasjon (23).

### **Metodiske overveielser**

En ulempe ved hovedlitteraturen i denne studien er et generelt svakt “teoretisk” grunnlag når det gjelder fysiologiske forklaringsmekanismer om hvorfor HIT gir økt prestasjon hos eliteutøvere (11,15–17). I de fleste studiene konkluderes det med et behov for videre forskning (ibid). Flere studier antar ulike forklaringer ved en rekke sammenhenger som kan påvirke utholdenhetsprestasjonen hos eliteutøvere i langrenn (3,4,9,10,13,18,19,21). Idrettsutøvere har som mennesker generelt ulik kroppssammensetning, fysiske/psykiske egenskaper og evner. Eliteutøvere i utholdenhetsidretter forsøker å balansere varighet x intensitet x hyppighet for å øke prestasjon (6,21,22). En konsekvens er at man kan oppleve positive og negative effekter som respons på høy-intensiv trening hos ulike utøvere med tanke på alder, kjønn, fysiske forutsetninger og egenskaper i tillegg til andre faktorer som påvirker treningsresponsen (6,11,15–17,21,22). Studienes relativt korte intervensjonsperioder med få kontrollgrupper (11,15–17) anses som en svakhet. De korte intervensjonsperiodene kan gjøre det vanskelig å oppnå en

treningseffekt på ulike fysiologiske egenskaper som aerob kapasitet, maksimalt oksygenopptak, anaerob kapasitet, anaerob terskel og terskelfart (ibid). Solli et al (12) hevder at man oppnår maksimal fysisk kapasitet etter mange år med systematisk utholdenhetstrening. Differansen i intervensjonsperiodene gjør det vanskelig å sammenligne effekten av ulik trening, til tross for like mål på fysisk prestasjon og testprotokoll (11,12,15–17).

For en eliteutøver er det risiko forbundet med å gjennomføre trening mot sin hensikt. I praksis vil dette innebære at en eliteutøver ikke vil utføre trening som er organisert uten å ha tro på positiv effekt på en eller flere fysiske egenskaper (21). Gaskill et al (17) kunne i løpet av en to-års periode organisere og styre all trening for sine utøvere. Ettersom treningen ble tilpasset hvert enkelt individs behov, kunne man optimalisere treningen uten konsekvens for utøvers utvikling samtidig som treningen antakeligvis varierte i stor grad mellom subjektene. Likevel vil det være vanskelig å avdekke hvilke fysiologiske faktorer som forårsaket økning i prestasjon.

Intervensjonsgruppen som endret treningsmønster responderte i utgangspunktet ikke på den tradisjonelle utholdenhetstreningen. Videre er det uvisst hvilke andre treningskarakteristikker som ble endret som følge av økt HIT-volum og om dette har påvirket forbedringen i prestasjon (ibid).

I hovedlitteraturen (11,12,15–17) benyttes det noe ulike benevnelser på intensitetsstyringen og metoden i løpet av treningen, som kan resultere i enkelte variasjoner i HIT og treningsrespons (22). Evertsen et al (16) styrte intensiteten ut fra  $VO_2$ -maks, mens resterende studier benyttet seg av hjertefrekvens (11,12,15,17) noe som påvirker sammenligningsverdien mellom de enkelte studiene negativt. En intensitet på 90% av HF-maks tilsvarer ikke en intensitet på 90% av  $VO_2$ -maks. I tre av fire intervensjonsstudier er de fysiologiske testene gjennomført på tredemølle som løpetester, dette betraktes som gullstandarden for måling av maksimalt oksygenopptak (3). I framtidige studier kan det være hensiktsmessig med en mer spesifikk test-protokoll rettet mot konkurranseaktiviteten (15). Tre av fem studier er utført på eliteutøvere på juniornivå (11,15,16), dette vil kunne gi en positiv forhøyet økning av  $VO_2$ -maks som følge av HIT i forhold til utøvere på seniornivå. Alle intervensjonsstudiene inkluderer begge kjønn (11,15–17), derimot er kjønnsfordelingen noe ujevn som kan gjøre det vanskelig å evaluere kjønnsforskjeller. Det hadde

vært fordelaktig om intervensjonsgruppene hadde vært delt etter kjønn, da kjønnene responderer ulikt på trening.

Høy-intensiv trening i mange former framkaller betydelige forbedringer i utholdenhetsprestasjoner hos allerede godt trente utøvere (11,12,15–17). Til nå har forskere imidlertid ikke lyktes med å forklare årsakene til denne forbedringen (3,9,11,15–21). Ytterligere forskning er nødvendig og vil kunne kreve invasive målemetoder, store ressurser og inkludere lengre intervensjonsperioder som kan være svært problematisk for eliteutøvere å fullføre (3,11,12,15–17,19,21). For å avdekke teorigrunnet og styrke forståelsen på hvorfor manipulering av HIT gjennom intervall, volum eller BP gir en større effekt enn TRAD på prestasjon til eliteutøvere i langrenn kreves ytterligere forskning.

Til tross for betydelige metodiske svakheter i hovedlitteraturen (11,15–17) er studiene utført med gjennomgående sterk metodikk. Studiene (ibid) er godt gjennomtenkt og innehar relativt liten andel frafall under intervensjonsperioden. Alle intervensjonsgrupper innad i samme studie har likt treningsvolum der kun fordelingen av intensitet er den varierende faktoren. På denne måten er endring i prestasjon en konsekvens av blokkperiodisering og/eller HIT. (ibid). De inkluderte subjektene befinner seg gjennomgående på likt nivå, noe som gjør det mulig å sammenligne både studiene som helhet, men også hvordan og hvilke(n) trening som er gjennomført og resultatene disse gir. På tross av dette observeres en differanse mellom de beste og nest beste utøverne i studiene (15). Rønnestad og medarbeiderne (15) valgte å variere intensitetsfordelingen for begge intervensjonsgruppene, for å unngå stagnasjon og framheve effekten av blokkperiodisering. Tre av fem studier har gjennomført HIT i form av intervalltrening med varighet på 5-10 minutter. Dette gjør sammenligningsverdien stor og varigheten på intervallene har vist seg mest effektiv i de aktuelle studiene (11,12,15). Resultatene i studiene inkluderer alle relevante fysiologiske egenskaper som er avgjørende for prestasjon på elitenivå i langrenn, som både er valide og reliable mål (3,4,6,12,23). Her er maksimalt oksygenopptak, anaerob kapasitet og anaerob terskel konsekvente mål. Alle intervensjonsstudiene inkluderer i ulik grad lik basis-trening før intervensjonsperioden og endring i prestasjon vil derfor være direkte knyttet til studiene. Enkelte



av studiene inkluderer kontrollgrupper (11,17). Fire av studiene har direkte mål på prestasjon i form av konkurranse eller testløp (11,12,15,17).

## **Konklusjon**

Denne studien viser større økning i prestasjon ved å manipulere HIT gjennom intervall, volum eller blokkperiodisering fremfor tradisjonell lineær utholdenhetstrening hos eliteutøvere i langrenn. Gjeldende litteratur samsvarer i liten grad når det gjelder de fysiologiske forklaringsmekanismene bak økningen i prestasjon. Per dags dato eksisterer det en felles enighet om at høyintensitets-trening er avgjørende for prestasjonsfremming hos allerede godt trente utøvere. Prestasjon hos eliteutøvere er sterkt rettet mot spesifikke fysiologiske faktorer og en minimal forbedring innenfor en eller flere av disse vil kunne resultere i økt prestasjon. Med bakgrunn i studiets resultater og annen litteratur er temaet aktuelt for fremtidig forskning.

## Referanseliste

1. Stöggl T, Sperlich B. Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Front Physiol* [Internett]. 4. februar 2014 [sitert 7. mars 2019];5. Tilgjengelig på: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3912323/>
2. Holmberg H-C, Lindinger S, Stöggl T, Eitzlmair E, Müller E. Biomechanical Analysis of Double Poling in Elite Cross-Country Skiers. *Med Sci Sports Exerc.* 1. mai 2005;37(5):807–18.
3. Losnegard T. Physiological determinants of performance in modern elite cross-country skiing [Internett] [Dissertation]. [Oslo]: Norwegian School Of Sport Sciences; 2013. Tilgjengelig på: <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/171349/Losnegard2013.pdf?sequence=1>
4. Sandbakk Ø. Physiological Capacity and Training Routines of Elite Cross-Country Skiers:... *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12(1):1003–11.
5. Solheim E. Intensitetsstyring i langrenn [Internett] [Master]. [Bodø]: Universitetet i Norland; 2015. Tilgjengelig på: <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/301439/Solheim.pdf?sequence=1>
6. Tønnessen E, Sylta Ø, Haugen TA, Hem E, Svendsen IS, Seiler S. The Road to Gold: Training and Peaking Characteristics in the Year Prior to a Gold Medal Endurance Performance. *PLOS ONE.* 14. juli 2014;9(7):e101796.
7. Seiler S. What is Best Practice for Training Intensity and Duration Distribution in Endurance Athletes? *Int J Sports Physiol Perform.* september 2010;5(3):276–91.
8. Sylta Ø, Tønnessen E, Seiler S. From Heart-Rate Data to Training Quantification: A Comparison of 3 Methods of Training-Intensity Analysis. *Int J Sports Physiol Perform.* januar 2014;9(1):100–7.
9. Wasserman K. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. *Am Rev Respir Dis.* februar 1984;129(2 Pt 2):S35-40.
10. Aasen SB, Madsen Ø, Tønnessen E, Wisnes AR. Presentasjonsbestemmende faktorer [Internett]. Oslo: Akiles; 2005 [sitert 7. mars 2019]. 130 s. Tilgjengelig på: <https://www.olympiatoppen.no/fagstoff/utholdenhet/pretasjonsbestemmedefaktorer/page593.html>
11. Sandbakk Ø, Sandbakk SB, Ettema G, Welde B. Effects of Intensity and Duration in Aerobic High-Intensity Interval Training in Highly Trained Junior Cross-Country Skiers: *J Strength Cond Res.* juli 2013;27(7):1974–80.
12. Solli GS, Tønnessen E, Sandbakk Ø. The Training Characteristics of the World's Most Successful Female Cross-Country Skier. *Front Physiol* [Internett]. 18. desember 2017 [sitert 6. mars 2019];8. Tilgjengelig på: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5741652/>
13. Issurin V. Block periodization versus traditional training theory: a review. *J Sports Med Phys Fit Turin.* mars 2008;48(1):65–75.
14. Issurin VB. Biological Background of Block Periodized Endurance Training: A Review. *Sports Med.* januar 2019;49(1):31–9.
15. Rønnestad BR, Hansen J, Thyli V, Bakken TA, Sandbakk Ø. 5-week block periodization increases aerobic power in elite cross-country skiers. *Scand J Med Sci Sports.* 2016;26(2):140–6.
16. Evertsen F, Medbø JJ, Bonen A. Effect of training intensity on muscle lactate transporters and

lactate threshold of cross-country skiers. *Acta Physiol Scand*. 2001;173(2):195–205.

17. Gaskill SE, Serfass RC, Bacharach DW, Kelly JM. Responses to training in cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*. august 1999;31(8):1211–7.

18. Rønnestad BR, Hansen J, Ellefsen S. Block periodization of high-intensity aerobic intervals provides superior training effects in trained cyclists. *Scand J Med Sci Sports*. 2014;24(1):34–42.

19. Rønnestad BR, Ellefsen S, Nygaard H, Zacharoff EE, Vikmoen O, Hansen J, mfl. Effects of 12 weeks of block periodization on performance and performance indices in well-trained cyclists. *Scand J Med Sci Sports*. 2014;24(2):327–35.

20. Kenneally M, Casado A, Santos-Concejero J. The Effect of Periodization and Training Intensity Distribution on Middle- and Long-Distance Running Performance: A Systematic Review. *Int J Sports Physiol Perform*. oktober 2018;13(9):1114–21.

21. Laursen PB, Jenkins DG. The Scientific Basis for High-Intensity Interval Training. *Sports Med*. 1. januar 2002;32(1):53–73.

22. Seiler KS, Kjerland GØ. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution? *Scand J Med Sci Sports*. 2006;16(1):49–56.

23. Sandbakk Ø, Holmberg H-C. A Reappraisal of Success Factors for Olympic Cross-Country Skiing. *Int J Sports Physiol Perform*. januar 2014;9(1):117–21.