

Lars Arne Fostvedt Skeimo

## Effekten av alder, kjønn og treningsmodalitet på stakeøkonomi hos langrennsløpere på nasjonalt og regionalt nivå



Universitetet i Sørøst-Norge  
Fakultet for humaniora, idretts- og utdanningsvitenskap  
Institutt for idretts- og friluftslivsfag  
Postboks 235  
3603 Kongsberg

<http://www.usn.no>

© 2020 Lars Arne Fostvedt Skeimo

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

## Sammendrag

**Formål:** Formålet for denne oppgaven var å undersøke hvilke kjønns- og aldersforskjeller det er i stakeøkonomi ( $C_s$ ), og hvilke variabler som virker å være sentrale for en god  $C_s$ , og hvordan trening eventuelt påvirker  $C_s$ . **Metode:** 53 personer ble rekruttert til studien, hvorav 14 mannlige og 12 kvinnelige ( $n = 26$ ) langrennsløpere på nasjonalt konkurransenivå, med en alder fra 16 – 48 år ble inkludert. Datainnsamling av trening samt testbolker foregikk fra april - oktober over to år. Deltakerne ble testet for  $VO_{2max}$ ,  $VO_{2peak}$ , laktat-terskel,  $C_s$ , 1RM nedtrekk og knebøy, spensthopp, testløp (5.64 km) og tid til utmattelse. Loggføring av treningsdata ble gjort via utøverens personlige pulsklokker og Olympiatoppens treningsdagbok, samt excel skjema. **Resultater:** Samtlige grupper viste å i snitt ha lavest  $C_s$  på laktat-terskel ( $C_{SLT}$ ), hvor menn viste å ha signifikant 8.1 % bedre  $C_{SLT}$  enn kvinner, og eldre ikke signifikant 5.9 % bedre  $C_{SLT}$  enn yngre. Menn og eldre hadde også en større mengde rulleski og ski, og en høyere 1RM nedtrekk. 1RM nedtrekk viste den sterkeste korrelasjonen ( $r = -0.51, p = < 0.01$ ). Når kjønn ble delt viste det en sterk korrelasjon for kvinner ( $r = -0.73, p = < 0.01$ ), og ingen korrelasjon for menn ved pretest. Mengden spesifikk trening var den treningsvariabelen som viste sterkest korrelasjon, denne var svak - moderat ( $r = -0.39, p = 0.05$ ). Fra pre- til posttest var det størst endring i intensitetszone 1 og 2, som utgjorde 74.2 % av den totale økningen av treningsmengde fra pre- til posttest. Denne økte mengden viste ingen korrelasjon med forbedring av  $C_{SLT}$  fra pre- til posttest. **Konklusjon:** Menn hadde signifikant bedre  $C_{SLT}$  enn kvinner, og eldre ikke signifikant bedre  $C_{SLT}$  enn yngre. Spesifikk trening og 1RM nedtrekk antas å være sentralt for god  $C_{SLT}$ , uavhengig av kjønn og alder. Forbedringen i  $C_{SLT}$  fra pre- til posttest skyldes trolig mer spesifikk trening og tilvenning av testprotokoll, hvor økt mengde utholdenhetstrening trolig har påvirket  $C_{SLT}$  i liten grad.

## **Forord**

Gjennom min studieperiode i Bø har jeg i flere år jobbet som langrennstrener og brent for fysiologifaget. I langrenn utføres det et stort antall treningstimer, og hvordan ulike treningsmetodikk kan påvirke sentrale variabler for prestasjon er noe jeg interesserer meg stort for, og nettopp derfor ønsket jeg å undersøke dette videre med å bli med på dette prosjektet. Jeg vil rette en stor takk til veileder Øyvind Støren for fantastisk veiledning, denne oppgaven hadde ikke blitt det samme uten. Det har vært et stort prosjekt som har krevd mye arbeid og samarbeid, og jeg vil også rette en stor takk til alle som har vært med i prosjektet, både medarbeidere og deltakere. Spesielt vil jeg rette en takk til leder av prosjektet, Jan – Michael Johansen for et meget godt samarbeid, interessante diskusjoner underveis og hjelp til datainnsamling.

Forkortelser som er sentrale i oppgaven:

**C:** Arbeidsøkonomi (generelt, uavhengig av teknisk utførelse)

**Cs:** Arbeidsøkonomi i staking (spesifikt relatert til arbeidsøkonomi som omfatter / utført i staking).

**C<sub>S70%</sub>:** Arbeidsøkonomi i staking (spesifikt relatert til arbeidsøkonomi som omfatter staking målt på intensiteten 70 %  $VO_{2peak}$ ).

**C<sub>SLT</sub>:** Arbeidsøkonomi i staking (spesifikt relatert til arbeidsøkonomi som omfatter staking målt på laktat-terskel).

## Innholdsfortegnelse

<b>1.0 – Bakgrunn og problemstilling .....</b>	<b>7</b>
<b>2.0 – Teori.....</b>	<b>9</b>
2.1 – <i>Langrennssporten</i> .....	9
2.2 – <i>Hva er så viktig for aerobe utholdenhetsprestasjoner?</i> .....	10
2.3 – <i>C</i> .....	13
2.4 – <i>Effekten av trening på C</i> .....	15
<b>3.0 – Materieell og metode .....</b>	<b>21</b>
3.1 – <i>Deltakere</i> .....	21
3.2 – <i>Testprotokoll</i> .....	26
<b>4.0 – Resultater .....</b>	<b>29</b>
<b>5.0 – Diskusjon .....</b>	<b>37</b>
5.1 – <i>Hovedfunn</i> .....	37
5.2 – <i>Praktiske implikasjoner</i> .....	42
5.3 – <i>Styrker og svakheter</i> .....	42
5.4 – <i>Videre forskning</i> .....	44
5.5 – <i>Korrelasjon, ikke kausalitet</i> .....	44
5.6 – <i>Konklusjon</i> .....	45
<b>6.0 – Litteratur .....</b>	<b>46</b>
<b>Vedlegg 1 – Forespørsel om deltakelse .....</b>	<b>56</b>
<b>Vedlegg 2 – Egenerklæring .....</b>	<b>61</b>
<b>Vedlegg 3 – Komplettestprotokoll.....</b>	<b>62</b>

## 1.0 – Bakgrunn og problemstilling

Langrenn handler om å gå fortest mulig på ski på en gitt distanse. For å gå fortest mulig er det en rekke faktorer som kan være med å avgjøre nettopp det. På bakgrunn av langrennssporten som i verdenscup og mesterskap sammenheng har en konkurransetid fra ~3 minutter (sprint) til ~120 minutter (50 km), er det en svært aerobt dominerende idrett (Medbø & Tabata, 1989; Gastin, 2001; Burke & Deakin, 2015). Faktorer som har vist seg sentrale for aerobe prosesser, og dermed prestasjon i langrenn er maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2max}$ ), arbeidsøkonomi (C), laktat-terskel (LT) og / eller utnyttingsgrad (Ingjer et al. 1991; Mahood et al. 2001; Millet et al. 2002, 2003; Holmberg et al. 2007; Sandbakk et al. 2011).

I flere studier på utholdenhetsidretter som langrenn (Sunde et al. 2019), løping (Støren et al. 2008) og sykling (Støren et al. 2013, 2014) har maksimal aerob hastighet (MAS) vist seg å forklare 80 – 90 % av den aerobe utholdenhetsprestasjonen. Som vist i Helgerud et al. (2010) og Støren et al. (2013), kan MAS defineres som  $VO_{2max} / C$ . Dette betyr at C vil være direkte bestemmende for den aerobe utholdenheten, siden lavest mulig C gir best mulig MAS.

C er en måte å uttrykke energikostnaden ved et gitt arbeid (Støren, 2009). Energikostnaden kan måles via indirekte kalorimetri, som vil si at man måler oksygenopptaket og ekspirert  $CO_2$  (McArdle et al. 2015; Kenney et al. 2015). Et lavt energiforbruk, altså lav C på et gitt arbeid, vil gi muligheter for å kunne utføre et større arbeid, eller å kunne opprettholde det opprinnelige arbeidet lengre (Buchheit, 2010). I dette tilfellet vil det da være sentralt at andre variabler som  $VO_{2max}$  er lik, da andre variabler kan kompensere for dårligere C, og motsatt. Betydningen av C i grupper som har tilnærmet lik  $VO_{2max}$  har vist å kunne utgjøre 65 % av forskjellen i prestasjon hos løpere (Conley & Krahenbuhl, 1980). Ved større forskjeller i  $VO_{2max}$  er C vist å ha mindre betydning (Støren et al. 2013). Ved å forbedre C, ble det vist i di Prampero (2003) at en 5 % forbedring i C tilsvarte en forbedring av prestasjon på ca. 3.8 % for langdistanseløpere. Betydningen av C er derfor stor.

En rekke treningsvariabler har vist seg å kunne påvirke C i større grad, der henholdsvis treningsmengde, treningsintensitet, mengde spesifikk trening og maksimal styrketrening (MST) står sentralt. For treningsmengde er det sett en sammenheng mellom treningsmengde og bedre C (Scrimgeour et al. 1986; Jones et al. 1998). Et eksempel på dette kommer frem i Scrimgeour et al. (1986) hvor maratonløpere som løp > 100 km i uken hadde bedre C enn de

som løp < 60 km i uken, hvor det også i Coyle (2005) antas at en forbedring av C skyldes stor treningsmengde. Intensitet kan også være en faktor som kan være av betydning der det blant annet ble sett at maratonløpere hadde bedre C på maratonfart enn mellomdistanseløpere, og motsatt ved 1500m fart (Daniels & Daniels, 1992). Til tross for dette er det også sett at C kan være lik på intensiteter mellom 75 – 90 % VO<sub>2max</sub>, både i løping (Helgerud et al. 2010) og staking (Østerås et al. 2002). Trening i den bevegelsen man ønsker å forbedre C vil være positivt for C, og et eksempel på dette er vist i Johansen et al. (2020, in print) hvor langrennsløpere forbedret sin C i staking (Cs) med 9.2 % med å øke mengden spesifikk trening. MST har ved å øke den maksimale styrken (1RM) vist forbedringer i en rekke studier, både i løping Støren et al. (2008), sykling (Sunde et al. 2010) og staking (Hoff et al. 1999, 2002; Østerås et al. 2002). Til tross for at høy maksimal styrke viste seg å være viktig per se for Cs (Sunde et al. 2019), var det treningen som økte 1RM, og ikke 1RM per se som korrelerte med forbedringene i C i løping og sykling (Støren et al. 2008; Sunde et al. 2010, Støren et al. 2013).

Andre faktorer som kjønn og alder har også vist å kunne ha en betydning for C, der eldre og menn har bedre Cs enn kvinner og yngre. I Sunde et al. (2019) så de hhv. 8 % bedre Cs hos menn. I Ainegren et al. (2013) så de ingen forskjeller mellom kjønnene. For alder kan det tenkes at puberteten spiller en stor rolle både for den fysiske utviklingen og påfølgende C. I Ainegren et al. (2013) ble det sett 4 – 5 % forskjell i Cs mellom junior og senior, hvor senior hadde best Cs.

Siden Cs er en trenbar variabel av stor betydning for MAS og dermed aerob utholdenhet, og siden Cs i tillegg til trening kan synes å bli påvirket av kjønn og alder, var det naturlig med følgende problemstilling i denne masteroppgaven:

*«Effekten av alder, kjønn og treningsmodalitet på stakeøkonomi hos langrennsløpere på nasjonalt og regionalt nivå».*

På bakgrunn av problemstilling er det fremsatt følgende seks hypoteser knyttet til Cs:

- 1) «Langrennsløpere som er ferdig / i større grad er ferdig med pubertet (> 19 år) har bedre Cs enn yngre (16 – 18 år)».
- 2) «Menn har bedre Cs enn kvinner».
- 3) «Mer utholdenhetstrening generelt vil føre til bedre Cs».



- 4) «Mer spesifikk trening på ski / rulleski vil ha en positiv effekt på Cs enn mindre spesifikk trening».
- 5) «Høyere 1RM i nedtrekk vil ha en positiv effekt for Cs».
- 6) «Større mengde styrketrening vil føre til bedre Cs enn mindre styrketrening».

## 2.0 – Teori

### 2.1 – Langrennssporten

Langrenn er en sport som har en konkurransevarighet på ~3 minutter (sprint) til ~120 minutter (50 km) i verdensmesterskap (Sandbakk & Tønnessen, 2012). Allerede ved rundt et minutt maksimalt arbeid er det vist til en 50/50 prosentvis fordeling mellom aerobe og anaerobe energiprosesser (Medbø & Tabata, 1989), for å dekke energibehovet ved såkalt helkroppsarbeid. For langdistanserennene er det aerobe bidraget 80 - 99 % (Gastin, 2001; Burke & Deakin, 2015). På bakgrunn av sprint-rennens varighet, er det aerobe bidraget her mindre enn i langdistanserenn. Men selv for sprint er det aerobe bidraget over 70 % (Gastin, 2001; Losnegard et al. 2012). Sprint foregår først som en kvalifisering gjennom en prolog, hvor de som kvalifiserer seg må gjennom to heat før selve finalen. For hvert heat vises det til at det aerobe energisystemet blir viktigere (Vesterinen et al. 2009; Mikkola et al. 2010). En mulig årsak til dette kan være at  $VO_{2max}$  har vist å fremskynde adenosine trifosfat (ATP)-creatine fosfat (CrP) regenerasjonen som kan være viktig for sprint, da det både starter og avsluttes i høy hastighet (Tomlin & Wenger, 2001). Det er også sett en potensiell sammenheng mellom  $VO_{2max}$  og reduserte laktat-verdier (Tomlin & Wenger, 2001). Reduserte laktat verdier kan være positivt for en bedre C (Hoff et al. 2016).

Til tross for størst aerobt bidrag uavhengig av distanse vil det anaerobe bidraget kunne være av stor betydning. Særlig for fellesstarter og spurter hvor det handler om å gå raskt ut fra start og avslutte først over målstreken. Her kan faktorer som anaerob kapasitet, hurtighet og styrke være sentralt (Joyner & Coyle, 2008). I langrenn er løypeprofilen tilnærmet 1/3 oppover, 1/3 nedover og 1/3 flatt terreng (Sandbakk & Holmberg, 2014). Det antas at det anaerobe energisystemet kan være av større betydning enn tidligere antatt i langrennssporten, da langrenn har et naturlig intervallpreg der intensiteten har vist seg å være høyere i motbakkene (~120 – 160 %  $VO_{2peak}$ ) og at dette kompenseres for ved hvile i nedoverbakkene (Losnegard, 2019).

## 2.2 – Hva er så viktig for aerobe utholdenhetsprestasjoner?

Aerobe utholdenhetsprestasjoner bestemmes primært av  $VO_{2max}$ , C og LT / eller utnyttingsgrad (Pate & Kriska, 1984; Basset & Howley, 2000; di Prampero, 2003; Joyner & Coyle, 2008). Dette gjenspeiles i langrenn (Ingjer et al. 1991; Mahood et al. 2001; Millet et al. 2002, 2003; Holmberg et al. 2007; Sandbakk et al. 2011).

$VO_{2max}$  blir som oftest definert som maksimal hjertefrekvens  $\cdot$  maksimalt slagvolum  $\cdot$  maksimal arteriell-venøs  $O_2$ -differanse ( $a-vO_2$ ) (McArdle et al. 2015; Kenney et al. 2015). Gjennom ergosperimetrisk målinger blir  $a-vO_2$  representert gjennom differansen mellom oksygenkonsentrasjonen i inspirasjonen (i), og ekspirasjonen (e). Når denne ganges med totalventilasjonen (VE) får vi da  $VO_2$ . Formelen blir dermed maksimal  $iO_2-eO_2 \cdot$  maksimal  $VE = VO_{2max}$ .

$VO_{2max}$  er kroppens maksimale evne til å ta opp og forbruke oksygen, primært målt som  $L \cdot \text{min}^{-1}$ , og som kondisjonstall ofte relativt til kroppsvekt,  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  (Åstrand et al. 2003; Joyner & Coyle 2008; Kenney et al. 2015). Kroppens evne til å ta opp og forbruke oksygen er sentralt for aerobt dominerende arbeid, da energien (ATP) primært kommer fra oksidativ fosforylering, som er en mer effektiv enn anaerobe prosesser (Åstrand et al. 2003; Kenney et al. 2015).

$VO_{2max}$  antas å være den enkeltfaktoren som er mest bestemmende for aerobe utholdenhetsprestasjoner, og er ved helkroppsarbeid primært begrenset av minuttvolum (McArdle et al. 2015; Kenney et al. 2015). Slagvolum og hjertefrekvens er det som utgjør minuttvolum, hvor den faktoren som er trenbar er slagvolumet (McArdle et al. 2015; Kenney et al. 2015). Som vist i Helgerud et al. (2007) vil en økning av slagvolumet føre til en tilnærmet parallell økning i  $VO_{2max}$ . Trening som har vist seg å i stor grad påvirke slagvolumet, og dermed  $VO_{2max}$  hos godt trente personer, er høy-intensitet aerob intervall trening på  $> 85 \%$  maksimal hjertefrekvens (Helgerud et al. 2001, 2007; Sandbakk et al. 2013), og en potensiell årsak til at slike høy intensitets intervaller gir en slik effekt er at Zhou et al. (2001) viste at slagvolumet fortsatte å øke opp mot  $VO_{2max}$  hos elite løpere, mens hos utrente – godt trente mosjonister oppnådde et platå rundt  $40 \%$   $VO_{2max}$ . Verdt å bemerke er at denne økningen i slagvolumet krever fullkroppsarbeid hvor kroppen er i oppreist posisjon (Kenney et al. 2015).

Det er en naturlig forskjell i  $VO_{2max}$  på bakgrunn av kjønn, hvor trente menn har ca. 10 % høyere  $VO_{2max}$  enn trente kvinner (Kenney et al. 2015). Dette skyldes primært større muskel til fettmasseratio, større blodvolum og høyere hemoglobinkonsentrasjon hos menn enn hos kvinner (McArdle et al. 2015; Kenney et al. 2015).  $VO_{2max}$  målt som kondisjonstall ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) viser tilnærmet samme nivå som en godt trent mosjonist hos normalt aktive barn (Kenney et al. 2015).  $VO_{2max}$  i  $L \cdot min^{-1}$  øker naturlig frem til voksen alder, og med kroppsstørrelse hos gutter, mens den har en tendens til å stagnere i puberteten hos jenter (Kenney et al. 2015).

C er et mål på hvor effektivt kroppen utfører en bevegelse, målt som forbruk av oksygen, og er derfor begrenset til måling av aerobt dominerende arbeid (Kenney et al. 2015). Forbedret C forklares av Losnegard et al. (2013) som hovedfaktoren for forbedring i prestasjon i langrennsesong, da  $VO_{2max}$  holdes relativt stabil i konkurransesesongen.

LT er den høyeste «steady-state» arbeidsintensiteten hvor produksjon og eliminering av melkesyre er lik, og oppgis dermed korrekt som % $VO_{2max}$  (LT%) (Støren et al. 2014). Ofte oppgis også hastigheten ved LT som  $km \cdot t^{-1}$  (vLT), og laktat konsentrasjon i blod  $[La^-]_b$  i publiserte treningsstudier (Kenney et al. 2015). Fra utrent til trent vises det til at LT% øker med trening, hvor LT% hos utrente var rundt 60 %  $VO_{2max}$ , mens for trente et sted mellom 75 - 90 %  $VO_{2max}$  (Joyner & Coyle, 2008). Støa et al. (2019) så ingen forskjell i LT% for løpere inndelt i kjønn eller elite, nasjonalt og mosjonist nivå. Støren et al. (2014) fant heller ikke forskjeller mellom syklister på elite- og nasjonalt nivå, men 6.5 % forskjell mellom syklister på elite og regionalt nivå. vLT har vist å kunne predikere utholdenhetsprestasjoner på bakgrunn av at vLT er primært bestemt av  $VO_{2max}$ , C og utnyttingsgrad (%  $VO_{2max}$ ) (Basset & Howley, 1997; Tjelta et al. 2012; Støren et al. 2014).

I Støren et al. (2014) ble det ikke funnet noen korrelasjon mellom LT% og terskel Watt hos syklister ( $LT_w$ ).  $MAS \cdot LT\%$  forklarte derimot, og 95 %  $LT_w$  (Støren et al. 2014), hvor MAS alene bestemte 67 % av  $LT_w$ . Samme formel forklarte også 90 % av vLT hos løpere (Tjelta et al. 2012). Endringer i LT% som følge av trening i 8 uker hos godt trente mosjonister er ikke sett (Helgerud et al. 2001, 2007; Støren et al. 2008). I en case-studie av Støren et al. (2012) ble det over et år sett en endring i LT% på 5.2 %. Det diskuteres dog i Støren et al. (2012) at dette kan være innenfor rammene for feilmåling. Endring i vLT er derimot observert

i flere tilfeller, som en konsekvens av endringer i  $VO_{2max}$  og- eller C (Jones et al. 1998; Helgerud et al. 2007; Støren et al. 2014).

I en studie av Coyle et al. (1985) undersøkte de to ulike grupper syklister med lav-LT (65.8 %  $VO_{2max}$ ) vs. høy-LT (81.5 %  $VO_{2max}$ ), som begge skulle sykle 30 minutter på 79 %  $VO_{2max}$ . Det de fant var at lav-LT gruppen brukte 69 % mer glykogen enn høy-LT gruppen. Lav-LT brukte også større andel glykogen i m. vastus lateralis muskulaturen, hhv. 134 % mer enn høy-LT gruppen. Begge gruppene hadde samme mitokondrie aktivitet i m. vastus lateralis. I Basset & Howley (2000) blir det diskutert om denne forskjellen i utnyttingsgrad, og bruk av glykogen, kan forklares med at høy-LT-gruppen brukte en større andel muskelmasse og fordelte derfor arbeidet utover flere mitokondrier. Bruk av større muskelmasse for fordeling av ATP produksjon til mitokondrier er sett (Coyle et al. 1985; Coyle, 1995). Denne studien kan potensielt forklare hvorfor det kan tenkes at man ser en forskjell i LT% fra utrent til trent, men små eller ingen endringer hos trente, da man blir bedre til å aktivere en større andel muskelmasse i en teknisk utførelse.

I en upublisert artikkel fra Johansen et al. (2019) ble det på en konferanse presentert en ekstremt sterk korrelasjon mellom estimert vLT og faktisk vLT for staking ved å benytte den nevnte formelen fra Støren et al. (2014):  $MAS \cdot \% LT$  ( $r = 1.0, p = < 0.01$ ). Dette funnet viser til at LT% kun trengs å testes for en enkelt gang, og at testing av  $VO_{2max}$  og Cs videre kan predikere vLT, gitt at LT% faktisk ikke endrer seg, og da primært hos allerede trente.

**Utnyttingsgrad** sier som LT hvor høy %  $VO_{2max}$  som utnyttes, men da ved et gitt arbeid- som f.eks. en konkurrans, og har dermed stor likhet med LT. Spesielt i konkurranser hvor gjennomsnitts intensiteten ligger i nærheten av LT. Varigheten på konkurransen og treningsbakgrunn er faktorer som kan påvirke hvor høy utnyttingsgraden er (Joyner & Coyle, 2008). I konkurranser hvor varigheten er under 30 minutter antas først og fremst tidsforbruk å være den avgjørende faktoren (Leger, 1986; Coetzer et al. 1993). I konkurranser der utøvere har en høyere utnyttingsgrad, skyldes dette nettopp først og fremst bruk av mindre tid, som dermed gir mulighet til å arbeide på en høyere intensitet, altså høyere %  $VO_{2max}$  (Leger, 1986; Coetzer et al. 1993). Det er vist til at utnyttingsgrad først får en større betydning med varigheter over 20 minutter (Støa et al. 2010).

Utnyttingsgrad kan også handle om hvor høy %  $VO_{2max}$  man utnytter i en øvelse, hvor  $VO_{2peak}$  er lavere enn  $VO_{2max}$ . I staking har den vist seg å være ca. 15 % lavere enn løping (Hoff et al. 2002; Nilsson et al. 2004). I staking når man svært sjelden samme  $VO_2$  som i løping eller diagonalgang på ski. Noe av grunnen til dette ligger i at det ikke i samme grad er helkroppsarbeid, som løping og diagonal (Kenney et al. 2015). I Åstrand et al. (2003) vises det til at utnyttingsgrad endrer seg etter en lengre periode med trening, der den prosentvise utnyttelsen av  $VO_{2max}$  øker med akkumulert trening. Ved å gjennomføre mer av treningen i spesifikk bevegelse (staking på rulleski), viste Johansen et al. (2020, in print) en økning på 7.1 % i  $VO_{2peak}$  staking etter seks ukers trening med høy intensitets aerobe intervaller, tre økter i uken. Til tross for at  $VO_{2max}$  målt i løping var uendret. Stakeutnyttingsgraden til disse utøverne forbedret seg dermed tilvarende økningen i  $VO_{2peak}$ .

## 2.3 – C

### Hva er C, og hvordan uttrykkes det?

C kan defineres av oksygenforbruket på en gitt submaksimal belastning, eller per meter kroppsforflytning (Bassett & Howley, 2000; Saunders et al. 2004; Foster & Lucia, 2007; Støren, 2009). For resterende del av oppgaven vil C bli definert som  $ml \cdot kg^{-1} \cdot meter^{-1}$ .

Målingene må være gjort på submaksimale belastninger for at målinger av oksygenopptaket skal være representativt for energiforbruket (Fletcher & MacIntosh, 2017). På hastigheter med et stort anaerobt energibidrag vil ikke lenger C målt gjennom ergospiometri gjenspeile energiforbruket, og dermed ikke være egnet for måling av C (Jones et al. 2003; Fletcher & MacIntosh, 2017). Det er likevel aldri slik at et arbeid er fullstendig aerobt eller anaerobt, det vil alltid være noe bidrag fra de ulike systemene (Medbø & Tabata, 1989; Kenney et al. 2015).

C vil dermed indirekte angi energiforbruket til å utføre bevegelser som skaper forflytning, noe som i denne masteroppgaven vil være staking på rulleski. En konsekvens av dette er at lavest mulig C angir den mest energieffektive forflytningen.

C som mål på energiforbruk har utgangspunkt i prinsippene for indirekte kalorimetri, hvor en liter  $O_2$  forbrukt tilsvarer mellom 4.6 og 5.1 kilokalorier, avhengig av arbeidets intensitet målt ved respiratorisk utviklings-quotient (RQ) (McArdle et al. 2015; Kenney et al. 2015). RQ beregnes som  $VCO_2 / VO_2$ , hvor  $\leq 0.7$  angir hovedsakelig bruk av fett som energisubstrat, mens  $\geq 1$  angir hovedsakelig bruk av karbohydrat som energisubstrat (Kenney et al. 2015;

McArdle et al. 2015). Målinger av C gjøres ved «steady-state» arbeid i ca. 3 – 5 minutter, hvor kroppen bruker de første minuttene på å oppnå «steady-state» (Kenney et al. 2015).

### **C og aerob prestasjon**

Innledningsvis ble det presentert betydningen C kunne ha for aerob prestasjon, hvor det kunne vise stor betydning for grupper med lik  $VO_{2max}$  (Conley & Krahenbuhl, 1980; Morgan et al. 1995; Lucia et al. 2002; Støren, 2009), og mindre betydning i grupper med større forskjeller i  $VO_{2max}$  (Daniels & Daniels, 1992; Støren et al. 2013). Årsaken til at betydningen av C blir varierende på grunn av  $VO_{2max}$  er fordi  $VO_{2max}$  antas å være den mest sentrale faktoren for utholdenhetsprestasjoner (Kenney et al. 2015). Til tross for stor betydning, ble det i Daniels og Daniels (1992) vist et eksempel på at til tross for  $12.9 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  forskjell i  $VO_{2max}$ , løp de to utøverne på henholdsvis 9.06 og 9.07 minutter på 3000 meter. Utøver A hadde høy  $VO_{2max}$  ( $73.3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), mens utøver B hadde en vesentlig lavere  $VO_{2max}$  ( $60.4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Utøver B hadde imidlertid tilsvarende bedre C, noe som medførte tilnærmet lik MAS, og prestasjon mellom utøver A og B. MAS slår som nevnt sammen de to variablene  $VO_{2max}$  og C og har vist en sterk korrelasjon med utholdenhetsprestasjon med varighet over to minutter (Lacour Jr. et al. 1990), og en sterk korrelasjon med sykkelprestasjon (Støren et al. 2013, 2014).

### **Variasjon i C**

I Morgan et al. (1995) sammenlignet de C mellom elite løpere, sub elite løpere, godt trente løpere og utrente. Her viste det seg å være en forskjell på 20 % mellom den mest økonomiske og den minst økonomiske i hver av gruppene. For syklister skilte det i Støren et al. (2014) 4.5 % i C mellom elite og nasjonalt nivå, mens mellom elite og regionalt var forskjellen 6.6 %. I Sunde et al. (2019) var variasjonen hos godt trente langrennløpere 11 % og 12.2 % for kvinner og menn målt som staking. Det er sett liknende funn i Østerås et al. (2002) og Losnegard et al. (2014), hvor variasjonen var 12 % og 18 % for menn i staking.

En større andel type I muskelfibre har vist sammenheng med bedre C for syklister (Coyle et al. 1992; Horowitz et al. 1994). Det er også vist til at elite langrennløpere har en høy andel type I fibre (Saltin, 1997). Dette kan sees i sammenheng med at type I fibre er svært oksidative, og dermed utholdende (Kenney et al. 2015). Langrenn er en idrett som stiller krav til utholdenhet i flere av konkurransene. For langrenn konkurreres det i distanser mellom ca. 3

km til 50 km, og hvilke fiberfordeling som ansees som optimal vil avhenge av hvilke distanse som gjelder.

## 2.4 – Effekten av trening på C

For å oppnå en lavere C er det flere treningsfaktorer som har vist å kunne ha en påvirkning på adaptasjoner i C. Blant disse faktorene er det blant annet treningsmengde, spesifikk trening i den idretten du søker forbedringer av C, intensiteten det trenes på, MST og en rekke andre faktorer, der ikke alle vil bli gått i detalj på her.

### **C og treningsmengde**

I løping har mengde trening uavhengig av intensitet vist seg å kunne ha en sammenheng med C, der det er sett at løpere som løp over 100 km i uken hadde bedre C enn løpere som løp under 60 km i uken (Scrimgeour et al. 1986; Coyle, 2005). Det kan imidlertid diskuteres om de hadde en bedre C fordi de løp mye – eller om de løp mye fordi de hadde en bedre C. Billat et al. (2003) viste at C i løping på submaksimal hastighet var bedre hos langdistanseløpere enn mellomdistanseløpere, noe som kan ha en sammenheng med at langdistanseløpere trolig trener flere km per uke og på en lavere fart.

### **C og spesifisitet og intensitet**

I en undersøkelse av Gullstrand et al. (2000) ble elite løpere sammenlignet på submaksimale intensiteter med utøvere fra andre idretter. Det de fant var at eliteløperne hadde bedre C. Årsaken til denne forskjellen ble forklart ut ifra en biomekanisk analyse, der eliteløperne hadde en mer hensiktsmessig teknisk utførelse med mindre vertikal heving av tyngdepunktet (Gullstrand et al. 2000). Om personene som er eliteløpere er blitt eliteløpere på grunn av medfødte egenskaper som gir en mer hensiktsmessig teknisk utførelse, eller om dette er egenskaper som flere repetisjoner i løpsbevegelsen adapterer til er vanskelig å si.

I følge Svedenhag (2001) er ikke C spesifikk når det gjelder intensitet / fart.

Forbedringer som følge av C på en gitt intensitet kan dermed forventes å gi ytterligere forbedringer av C på andre intensiteter. Dette kan dog diskuteres i idretter hvor den tekniske bevegelsen får større endringer som følge av parallell økning av fart, som eksempelvis er tilfelle i langrenn (Losier et al. 2017; Losnegard, 2019). Sykling er på motsatt side en idrett som har samme bevegelsesbane uavhengig av intensitet (Støren, 2009).

Daniels & Daniels (1992) viste at mellomdistanseløpere hadde bedre C på hastigheter tilsvarende maraton-fart eller hurtigere. Daniels & Daniels (1992) viste også at mellomdistanseløpere hadde en bedre C på høyere hastigheter enn lavere, noe som peker på at C er teknikkspesifikk, siden løpssteget forandres noe med økende eller fallende løpshastighet. Helgerud et al. (2010) har vist at C er lik på intensiteter mellom 75 - 90 %  $VO_{2max}$ , noe Østerås et al. (2002) også fant i staking. Det ble i Helgerud et al. (2007) ikke sett noen forskjell mellom de ulike treningsprotokollene med ulik intensitet og endring i C.

## **C og MST**

I et review av Blagrove et al. (2018) tar de for seg effekten MST har på C i mellom- og langdistanseløping, der ble det funnet indikasjoner på at MST har en positiv effekt for C, men også flere studier som viser liten, eller ingen effekt av MST på C. I studiene som ikke fant noen endring i C diskuterer forfatterne at mulige forklaringer ligger i at flere av studiene har blitt kjørt i maskiner, og enkelt-ledds øvelser kontra frivekter og fler-ledds øvelser, noe som har vist å ha et redusert krav til nervesignalisering (reduisert koordinering og aktivering av synergister). Flere av disse studiene er også kjørt med en lavere økt-frekvens, sammenlignet med de som fant endringer i C, hvor det også i Berryman et al. (2018) vises til økt effekt på C med to økter per uke kontra en. Det fremheves at øvelser med frivekter, eksempelvis knebøy, har en mer lik biomekanisk utførelse for løping enn flere apparat øvelser. Det er også i flere av studiene ikke testet på den farten det trenes mest på, noe som også har vist seg å være sentralt for å se endringer i C (Blagrove et al. 2018).

Det er også vist at lengre perioder med MST kan være positivt for videre forbedringer i C, hvor hhv. > 24 økter og 14 uker kontra seks til åtte uker viste ytterligere effekt på C (Denadai et al. 2017; Berryman et al. 2018). Berryman et al. (2018) trekker også frem at effekten av MST på C virker å være lik uavhengig av nivå.

Det er lansert flere potensielle forklaringer på bedret C som følge av MST. Blagrove et al. (2018) og Fletcher & Macintosh (2017) peker på at ved å øke den maksimale styrken, vil man jobbe på en lavere prosent av 1RM (lavere relativ intensitet) ved samme hastighet (samme absolutte hastighet). Dette støttes også av Hoff et al. (1999).

Økt stivness i senene er også blant forklaringene, da styrketrening har vist å kunne påvirke stivnessen til en scene (Kubo et al. 2001), som igjen påvirker scenens evne til å lagre energi. Støren et al. (2008) og Hoff et al. (1999, 2002) foreslår en sammenheng mellom økt rate of force development (RFD) og forbedret C, som igjen potensielt fører til redusert



kontraksjonstid i hver bevegelsesyklus. Redusert kontraksjonstid kan gi rom for økt blodsirkulasjon til muskulaturen, da blodtilførsel primært skjer mellom kontraksjonene (Shoemaker et al. 1994), altså økt transittid. I langrenn er det rapportert redusert kontaktid mellom stav og underlag, og en lavere stakerefrekvens hos løpere med en høyere 1RM i nedtrekk, som da altså gir bedre muligheter for blodgjennomstrømming mellom syklusene (Sunde et al. 2019). Forbedret C etter MST blir i Barret O'Keefe et al. (2012) vist som økt nevro-muskulær effektivitet, der A - VO<sub>2</sub> differansen ble opprettholdt til tross for redusert blodgjennomstrømming til den aktive muskulaturen under sykling, etter en periode med MST.

MST utført av utholdenhetsutøvere har vist seg å primært føre til adaptasjoner i nervesystemet, og samtidige endringer i kroppsmasse har blitt rapportert å være små eller fraværende (Støren et al. 2008; Sunde et al. 2010). Heller ikke gjennom målinger av muskeltverrsnitt fant man signifikante endringer (Barret O'Keefe et al. 2012). Det er likevel rapportert av MST også kan gi hypertrofi hos utrente etter 8 uker (Campos et al. 2002).

Selv om det er vist at MST kan forbedre C, er det vist i flere studier at maksimal styrke i seg selv ikke signifikant korrelerer med C (Støren et al. 2008, 2013; Sunde et al. 2010). Det vil derfor ikke nødvendigvis være den som er sterkest som er mest økonomisk, til tross for at de sterkeste viste seg å være mest økonomiske i kartleggingsstudien på staking til Sunde et al. (2019).

**Tabell 1.** Effekten av MST på C.

Studie (n = antall)	Varighet (uker)	Gren	$\Delta C$ (%)	Økter per uke	Intensitet
Støren et al. (2008). (n = 17)	8	Løping	5 % ↓	3	4-4 4RM
Sunde et al. (2010). (n = 16)	8	Sykling	4.8 % ↓	3	4-4 4RM
Østerås et al. (2002). (n = 19)	9	Staking (Ski ergometer)	8.9 % ↓	45min per uke	3-6 85 % 1RM
Hoff et al. (2002). (n = 15)	8	Staking (Ski ergometer)	27.5 % ↓	45min per uke	3-6 85 % 1RM
Hoff et al. (1999). (n = 15)	9	Staking (Ski ergometer)	22.5 % ↓	3	3-6 85 % 1RM

*MST: maksimal styrketrening, C: arbeidsøkonomi,  $\Delta$ : (delta) endring, n: antall deltakere, min: minutter, RM: repetisjon maksimum %IRM: prosent av én repetisjon maksimum, ↓ prosentvis nedgang i  $O_2$ -kostnad målt submaksimalt ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot meter^{-1}$ ).*

Verdt å merke seg i tabell 1 og studien til Hoff et al. (2002) er at kontrollgruppen også gikk ned hele 14.4 %, men i Hoff et al. (1999) gikk kontrollgruppen opp 7.3 %. Siden disse to studiene har tilnærmet identisk metode, er testresultatene trolig påvirket av tilvenning av testprotokoll og hvilke periode i treningsåret det er testet i.

### Endringer i C

Det er få studier som går over en lengre periode, og dermed viser endringer i C fra utrent til trent. I Franch et al. (1998) og Billat et al. (1999) viste de imidlertid at etter få ukers trening for utrente personer forbedret C seg. Studier på godt trente løpere antyder at det kan ta flere år å utvikle god C (Jones 1998; Coyle, 2005). I Helgerud et al. (2007) vises det at for de godt trente deltakerne som ikke løp regelmessig, oppsto en forbedring i C på 5 % med tre løpeøkter over 8 uker. For fotballspillere som la til høy-intensitets intervaller som normal løping, førte det til 6.7 % forbedring i C målt på tredemølle etter 8 uker (Helgerud et al. 2001).

I hvilke grad C endres som følge av mengde volum og / eller intensitet i treningen hos allerede godt trente er dermed noe usikkert.

## **Kjønn og C**

Det er observert forskjeller i C mellom de ulike kjønnene i løping, men det er noen viktige metodiske betydninger når dette studeres. Daniels & Daniels (1992) viste at C var bedre hos menn enn hos kvinner, uttrykt som  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{meter}^{-1}$ . Imidlertid viste C seg å være lik i dette studiet hvis man oppgir C i  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-0.75}\cdot\text{meter}^{-1}$ . Det er anbefalt en skalering av kroppsvekt på 0.75 eller 0.67 avhengig av hvilke aktivitet det er snakk om når man skal studere oksygenopptaket relatert til kroppsvekt (Saunders et al. 2004; Kenney et al. 2015). En skalering av kroppsvekt mellom kjønnene anbefales fordi kvinner har lavere total kroppsvekt og høyere andel fett (Marieb & Hoehn, 2007). Hvis man skalerer kroppsvekten, noe som Helgerud (1994) gjorde, ble det sett bedre C hos kvinner sammenlignet med menn. For staking ble det i Sunde et al. (2019) sett bedre Cs hos menn enn kvinner, både med og uten skalering av kroppsvekt. I Ainegren et al. (2013) fant de ingen forskjell mellom kjønnene.

Muskelmasse er det som primært skiller kjønnene og påfølgende kraftutvikling, og det vises til at kvinnens maksimale styrke i 25-årene er ca. 70 % av mannens (Häkkinen, 1994; Enoksen & Sletten, 1995). Denne forskjellen i styrke er trolig også det som påvirker forskjellen i sykluslengden i staking, som er vist å være 23 % lengre hos menn enn kvinner (Sandbakk et al. 2012). Denne økte sykluslengden gir som nevnt en bedre mulighet til blodgjennomstrømning for mennene (Shoemaker et al. 1994).

## **Alder og C**

Forskjeller i C på bakgrunn av alder kan skyldes flere faktorer, og hvis man sammenligner før og etter puberteten kan det tenkes å gi positive og negative utslag på bakgrunn av den økte og endrede kroppsmassen man får. Primært ser man positive endringer i prestasjon på grunn av mer anatomisk gunstige forhold og sterkere muskulatur, der det er vist at barn i puberteten får forbedret C, selv uten trening og endringer i  $\text{VO}_{2\text{max}}$  (Daniels et al. 1978; Krahenbuhl et al. 1989). I Åstrand (1952) vises det til tross for lik  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  mellom yngre og eldre, hadde de yngre en høyere C, og dermed hindret dem i å løpe like fort. Selve puberteten varer omtrentlig fra 8 - 19 år hos jenter og 10 - 22 år hos gutter, og vil dermed over en lengre periode tenkes å kunne påvirke C (Kenney et al. 2015). Hvor fort den eventuelle puberteten skjer kan også ha en påvirkning på kortere sikt. Videre vil alder kunne ha en direkte tilknytning til hvor mye tid man har gjort i en spesifikk bevegelse, altså treningsalder, og kan dermed ha en effekt på C.

Eldre løpere har blitt vist å kunne ha bedre C enn yngre løpere, som et antatt resultat av mer trening (Berg, 2003). Dette gjenspeiles i Ainegren et al. (2013) hvor det i langrenn er det vist at det kan være 4 – 5 % forskjell i Cs mellom senior og junior, hvor senior langrennsløpere hadde bedre Cs for begge kjønn. MST praktiseres ofte i senere alder, og kan ha en positiv effekt for Cs (Hoff, 1999, 2002; Østerås et al. 2002). Etter puberteten er ferdig kan det tenkes at det er andre faktorer som utgjør forskjell i C, hvor ikke lenger alder i seg selv er en faktor som indikerer bedre C. Et eksempel på dette kan vises i Støren et al. (2014), hvor syklister på elitenivå hadde 5 % bedre C enn nasjonalt nivå, og snittalderen på elitenivå var 28.1 år, mens nasjonalt nivå var 29.8 år. Imidlertid vil en eventuell positiv effekt av økende alder på C kunne reverseres fra middelaldrende til gammel. En mulig faktor kan være redusert trening når man begynner å bli gammel (Taylor et al. 2008; Buchman et al. 2014). En annen årsak lansert av Sidney & Sherpard (1977) kan være redusert fleksibilitet, bl.a. på grunn av mindre elastin i bindevev. Denne fjærstivheten øker etter 50 års alderen, som er vist å ha en negativ effekt på lagring av elastisk energi, ved at fjærstivheten blir for stor, og dermed ikke like god til å lagre elastisk energi (Enoksen et al. 2007).

## **Andre faktorer som kan påvirke C**

### **Teknikk og taktikk**

Under konkurranser kan løpsopplegget bli avgjørende for prestasjonen. Dette kan sees i sammenheng med at ved å åpne for hardt, kan det anaerobe bidraget bli for stort, for tidlig. For stor opphoping av laktat (og dens negative kamerat hydrogenion) kan påvirke C negativt. I Hoff et al. (2016) ble det vist at ved fem kontra tre  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  laktat ble det sett en dårligere C. Disse verdiene ansees hhv. å være over og under LT.

I en rekke studier er det vist at lengden på stavene er avgjørende for Cs, hvor lengre staver gir bedre Cs (Losnegard et al. 2017; Onasch et al. 2017; Carlsen et al. 2018). Det er i senere år kommet restriksjoner på at stavlengden ikke kan være lenger enn 83 % av utøverens høyde med skisko (NSF, 2017b). Sammen med stavlengde er også det å finne riktig skipar, og behandlingen av disse med ulike produkter noe som i stor grad er med på å påvirke Cs, ved at riktig spenn i ski, med god glid, krever mindre energi for samme gitte hastighet.

Med økende fart skjer det en parallell økning i vindmotstand, som igjen gir en høyere energikostnad, og dermed høyere C (Pugh, 1971). 80 % av denne vindmotstanden har for løpere vist å kunne reduseres ved å legge seg i ryggen på en annen løper (Pugh, 1971). Dette

blir også aktuelt i langrenn, men det kan tenkes at det for noen deler vil være behov for noe større avstand til ryggen og dermed noe mindre redusert vindmotstand.

Videre er det også en rekke faktorer som blant annet temperatur, underlag, dagsform og kosthold som vil ha en betydning for C, men disse vil ikke bli omhandlet i denne masteroppgaven.

### **3.0 – Materiell og metode**

Denne masteroppgaven baserer seg på data fra en større studie; «*Effekten av arv, alder, trening og evt. flåttbåren sykdom på prestasjon hos langrennsløpere*». Studien var en observasjonsstudie (Grønmo, 2004), da deltakernes selvbestemte treningsdata ble samlet inn og sett opp mot tester utført på lab. Siden deltakerne ble fulgt over en lengre tid, var det en kohort studie (Grønmo, 2004). Ingen retningslinjer for trening ble gitt, kun veiledning for loggføring av treningsdata mellom pre og posttester. Treningsdata fra deltakeres loggføring ble sett opp mot testresultater fra de to periodene.

#### **3.1 – Deltakere**

Totalt ble 53 personer rekruttert, og deltok på minimum pretest. Av disse ble 27 personer ekskludert på bakgrunn av: 1) ikke gjennomført posttest, eller 2) ikke tilfredsstillende loggføring av treningsdata. 12 kvinner og 14 menn ( $n = 26$ ) i en alder fra 16 -48 år som satser på langrenn ble inkludert i studien. Testpersonene ble rekruttert via en personlig forespørsel eller via kontaktperson i team, og / eller skole. Alle deltakerne leste og undertegnet et informasjonsskriv og samtykkeerklæring (vedlegg 1). Studien var godkjent av regional etisk medisinsk komite (REK) i Helse Sør-øst (reg nr. 2017 / 2522). Deltakerne har skrevet under på et egenerklæringskjema for helse (vedlegg 2).

**Tabell 2.** Deltaker karakteristika.

	Alle ( <i>n</i> = 26)		Kvinner ( <i>n</i> = 12)		Menn ( <i>n</i> = 14)	
	Snitt ± SA	VK (%)	Snitt ± SA	VK (%)	Snitt ± SA	VK (%)
<b>Alder</b>	21.8 ± 8.7	(39.8)	19.3 ± 4.1	(21.1)	24.0 ± 11.0	(45.6)
<b>Vekt</b>	68.7 ± 9.4	(13.7)	64.2 ± 7.4	(11.5)	72.5 ± 9.4	(13.0)
<b>Høyde</b>	1.75 ± 0.08	(4.54)	1.69 ± 0.06	(3.73)	1.80 ± 0.05	(2.3)
<b>BMI</b>	22.4 ± 2.4	(10.7)	22.4 ± 2.6	(11.5)	22.3 ± 2.3	(10.3)

*n*: antall personer, *SA*: standard avvik, *VK*: variasjons koeffisient oppgitt i prosent, *alder* oppgitt i år, *vekt* oppgitt i kilogram, *høyde* oppgitt i meter, *BMI*: Body Mass Index ( $\text{kg/m}^2$ ).

### Inklusjon- og eksklusjonskriterier

Inklusjonskriterier for studien var alder mellom 16 – 50 år, aktive utøvere som konkurrerer på nasjonalt nivå eller høyere og utøveren loggfører i elektronisk treningsdagbok, hvor denne loggføringen skal komme fra pulsklokke med belte. Styrketrening loggføres etter best mulig evne, etter prosjektets ønske. Eksklusjonskriterier var forekomst av sykdom, og / eller skader som påvirket normal trening, og maksimal innsats på testdager. Manglende loggføring, og / eller loggføring som ikke er etter inklusjonskriterier førte til eksklusjon. Prosjektets doktor Baard I. Freberg avgjorde situasjoner som omfatter helse hvor det kunne oppstå tvil.

### Innsamling av data

Innsamling av treningsdata ble gjort fra Olympiatoppens treningsdagbok hvor disse videre ble systematisert gjennom et excel-skjema for mer presis loggføring etter prosjektets ønske. Loggføringen som er gjort i Olympiatoppens dagbok er basert på pulsklokke data med pulsbelte og antall RM (repetisjon maksimum) gjennomført i styrketreningen. Deltakerne ble på forhånd informert om hvordan styrketreningen skulle loggføres i treningsdagbok. Ved tilfeller av data som ikke fremkommer som sikker, er utøver blitt spurt om gjennomført trening.

Testene har blitt gjennomført ved USN, Bø. Prosjektet i sin helhet ser på en rekke variabler som  $\text{VO}_{2\text{max}}$ ,  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ , Cs, LT, testløp (5.64 km), tid til utmattelse i en ramp tredemølleprotoll med motbakkestaking, squat jump, countermovement jump, countermovement jump med armsving, 1RM knebøy og nedtrekk, samt utvalgte genvarianter. En oversikt over noen av disse variablene (ikke gendata) kan sees i tabell 3. Denne oppgaven vil primært fokusere på Cs, og de variablene som er relevant for Cs. Resultatene fra denne masteroppgaven kan avvike noe fra prosjektets resultater da det i det fulle prosjektet blir sett på tre testpunkter,

hvor det i denne oppgaven blir sett på to. Det er også ekskludert tre personer fra denne oppgaven som potensielt er med i dataene til det fulle prosjektet. Prosjektet har foregått i to bolker, hhv. april – oktober 2018 og april – oktober 2019.

**Tabell 3.** Deltaker karakteristika pretest.

	Alle (n = 26)		Kvinner (n = 12)		Menn (n = 14)	
	Snitt ± SA	VK (%)	Snitt ± SA	VK (%)	Snitt ± SA	VK (%)
<b>Prestasjonstester (sek)</b>						
TTu	475.5 ± 115.7	(24.3)	390.1 ± 56.7	(14.5)	548.7 ± 102.5	(18.7)
Testløp	884.7 ± 92.0	(10.4)	957.9 ± 66.7	(7.0)	822.0 ± 57.7	(7.0)
<b>VO<sub>2max</sub> løp</b>						
L·min <sup>-1</sup>	4.3 ± 0.9	(20.7)	3.6 ± 0.5	(12.8)	4.9 ± 0.7	(15.2)
ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	62.5 ± 8.2	(13.2)	56.5 ± 4.5	(7.9)	67.6 ± 7.2	(10.6)
ml·kg <sup>-0.67</sup> ·min <sup>-1</sup>	252.2 ± 37.2	(14.8)	222.8 ± 18.6	(8.3)	277.3 ± 30.0	(10.8)
<b>VO<sub>2peak</sub> staking</b>						
L·min <sup>-1</sup>	3.7 ± 0.8	(21.4)	3.1 ± 0.5	(15.0)	4.2 ± 0.7	(16.2)
ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	53.5 ± 6.9	(13.0)	48.8 ± 4.6	(9.3)	57.5 ± 6.0	(10.5)
ml·kg <sup>-0.67</sup> ·min <sup>-1</sup>	216.0 ± 32.4	(15.0)	192.2 ± 19.8	(10.3)	236.4 ± 26.7	(11.3)
Utnyttingsgrad	85.9 ± 7.3	(8.5)	86.3 ± 5.4	(6.3)	85.5 ± 8.8	(10.3)
<b>Cs</b>						
Cs <sub>70%</sub>	0.209 ± 0.024	(11.6)	0.219 ± 0.023	(10.4)	0.200 ± 0.023	(11.5)
C <sub>SLT</sub>	0.200 ± 0.021	(10.5)	0.209 ± 0.020	(9.3)	0.192 ± 0.020	(10.1)
C <sub>SLT</sub> <sup>(0.67)</sup>	0.805 ± 0.080	(9.9)	0.824 ± 0.070	(8.5)	0.789 ± 0.086	(10.9)
<b>LT staking</b>						
% VO <sub>2peak</sub>	82.3 ± 6.7	(8.2)	82.8 ± 8.1	(9.7)	81.8 ± 5.6	(6.9)
Km·t <sup>-1</sup>	13.3 ± 2.3	(17.1)	11.6 ± 1.5	(13.2)	14.7 ± 1.8	(12.0)
mmol·L <sup>-1</sup>	4.7 ± 0.6	(12.6)	4.6 ± 0.6	(13.6)	4.8 ± 0.6	(11.8)
<b>MAS staking</b>						
Meter·min <sup>-1</sup>	270.5 ± 49.7	(18.4)	233.8 ± 20.5	(8.8)	302.0 ± 45.6	(15.1)
<b>Maksimal styrke (kg)</b>						
Nedtrekk	86.3 ± 16.9	(19.6)	74.2 ± 11.8	(16.0)	96.8 ± 13.2	(13.7)
Knebøy	119.5 ± 19.2	(16.1)	107.7 ± 17.0	(15.8)	130.4 ± 14.4	(11.0)
<b>Spenthopp (cm)</b>						
SJ	28.4 ± 5.2	(18.3)	24.9 ± 2.6	(10.3)	31.4 ± 5.1	(16.1)
CMJ	31.9 ± 5.7	(17.8)	27.7 ± 2.3	(8.2)	35.5 ± 5.3	(14.9)
CMJas	36.0 ± 5.5	(15.3)	31.7 ± 2.6	(8.1)	39.7 ± 4.7	(11.7)

Data er presentert som gjennomsnitt ± standard avvik, og med variasjonskoeffisient i parentes, SA: standard avvik, VK: variasjons koeffisient, n: antall personer, TTu: tid til utmattelse, Testløp: testløp justert etter forhold (5.64 km), VO<sub>2max</sub>: maksimalt oksygenopptak, VO<sub>2peak</sub>: høyeste måling av oksygenopptak, (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>): milliliter per kilo kroppsvekt per minutt, ml·0.67kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>: milliliter per 0.67kg kroppsvekt per minutt, L/min: liter per minutt, Cs: stakeøkonomi, Cs<sub>70%</sub>: stakeøkonomi på 70 % av VO<sub>2peak</sub>, C<sub>SLT</sub>, stakeøkonomi på laktat-terskel, LT: laktat-terskel, % VO<sub>2peak</sub>: prosent av høyeste måling av oksygenopptak i staking, mmol·L: millimol laktat per liter helblod, MAS: maksimal aerob speed (VO<sub>2peak</sub>/C), SJ: squat jump, CMJ: countermovement jump, CMJas: countermovement jump med armsving, Cs<sub>70%</sub> og C<sub>SLT</sub> oppgitt som milliliter per kilo kroppsvekt per meter, C<sub>SLT</sub> (0.67) oppgitt som milliliter per 0.67kg kroppsvekt per meter.



## **Sonefordeling**

Intensitetsfordelingen tar utgangspunkt i Olympiatoppen sin sonefordeling, hvor intensitetszone (I) 1 strekker seg fra 60 - 72 % av maksimal hjertefrekvens, I2 fra 72 - 82 %, I3 fra 82 - 87 %, I4 fra 87 - 92 % og I5 fra 92 - 97 %. Trening som ikke ble loggført med pulsklokke ble loggført som annen trening.

## **Styrketrening**

Styrketrening var i utgangspunktet fordelt i tre kategorier, maksimal, moderat og utholdende. På bakgrunn av manglende kvalitet i større deler av loggføringen er det tatt et valg om å slå sammen styrketreningen til en kategori.

## **Inndeling av grupper**

I dette prosjektet er gjort en fordeling av grupper basert på kjønn og alder, som gir gruppene kvinner / menn og ung / eldre. Ung er fra alderen 16-18 år og eldre 19-48 år.

Gruppen «ung» består av 9 kvinner og 7 menn, mens gruppen «eldre» består av 7 menn og 3 kvinner. Sammenligninger mellom «ung» og «eldre» kan derfor bli påvirket av at «eldre» har et høyere antall menn enn kvinner.

## **Allometrisk skalering**

Åstrand et al. (2003) foreslår en skalering av oksygenopptaket målt i  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  til en power på 0.67 som utgjør  $\text{mL} \cdot 0.67 \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Dette fordi det har vist å kunne predikere utholdenhetsprestasjon bedre ved å redusere feilestimering av tyngre og lettere utøvere (Chamari et al. 2005; Hoff et al. 2005). Dette er skaleringen som videre vil benyttes i oppgaven hvor kroppsvekt skaleres.

## **Programmer benyttet for utregning av statistikk**

Det har blitt brukt to programmer til statistikk, herav Microsoft Home Office 365, Excel 2020 og IBM Statistics, Statistical Package for Social Sciences (SPSS), versjon 26.

## **Statistiske analyser**

Data ble testet for normalitet (normalfordeling) ved hjelp av QQ-plot og Shapiro-Wilk tester, for utvalgte hoved variabler som  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , tid i testløype og Cs. Det ble funnet normalfordeling i alle disse variablene, og derfor benyttet parametriske analyser. Data er således presentert som gjennomsnitt, standard avvik og variasjonskoeffisient. For å sammenligne grupper (ung

vs. eldre og kvinner vs. menn) ble uparede t-tester benyttet. Ved samme gruppe fra pre- til posttest, ble parede t-tester benyttet. For å avdekke eventuelle korrelasjoner, ble Pearson bivariate og partial 2-tailed tester utført. Signifikansnivået ble satt til  $p = < 0.05$ . I denne oppgaven ble korrelasjoner definert som svake ved grensene  $r = 0.3$ , moderate:  $r = 0.5$  og sterke:  $r = 0.7$ .

### 3.2 – Testprotokoll

Testingen ble fordelt over to dager, og ble utført i skrivende rekkefølge som beskrevet i dag 1 og dag 2. Kun testene som er av relevans for oppgaven vil bli beskrevet i detalj her. Detaljert beskrivelse av resterende tester kan sees i vedlegg 3. På dag 2 var det en time hvile mellom  $VO_{2peak}$  staking og 1RM 90° knebøy, som ble testet før 1RM nedtrekk.

Før de ulike testene startet ble det gitt en innføring i utførelse. For testene som foregikk på tredemøllen på rulleski, ble deltakerne sikret med en sele som var festet via et snorsystem i taket. Dette systemet ble sikret av en testansvarlig under hele testen(e). Det ble også sikret ved at en annen testansvarlig holdt en hånd bak testperson. Hvis personen kom bak et punkt som indikerte at testpersonen var for langt bak på møllen, ble personen holdt i ryggen og bedt om å komme frem på møllen. Hvis ikke personen kom frem på møllen igjen, ble testen avsluttet.

Mellom spensttestene (dag 1) og 1RM-testene (dag 2) var det tre minutters hvile for at kreatinfosfat lagrene til deltakerne skulle restitueres, noe som har vist seg å ta 2-4 minutter (Harris et al. 1976; Sahlin et al. 1979). Fulle kreatinfosfat lagre er viktig i maksimale og eksplosive muskelaksjoner for best mulig prestasjon (Raastad et al. 2010).

Dag 1: Squat jump, countermovement jump og countermovement jump /med armsving,  $VO_{2max}$  løping og testløp rulleski (5.64 km)

Dag 2: Cs / LT,  $VO_{2peak}$  staking, 1RM 90° knebøy og 1RM nedtrekk.

## **Dag 1 protokoll**

Høyde og kroppsvekt ble registrert med påfølgende egenstyrt 10 minutters oppvarming. Kraftplattform av merket Muscle Lab v.2 system (Ergotest Technology, Langesund, Norway) ble benyttet for måling av hopp høyde i spenst testene.

### **Squat jump**

Utgangsstilling var 90° i kneleddet mellom legg og lår, med en fremover lent posisjon og hendene plassert på hofta. Hoppet ble bedt om å bli utført med maksimal kontraksjon, uten bruk av elastiske komponenter. Testpersonene gjennomførte minimum tre, og maksimalt seks hopp, hvor det høyeste registrerte hoppet ble tellende. Hoppet ble ikke godkjent dersom det var ekstensjon i lår/legg før hoppet, som vil si bruk av elastiske komponenter.

### **Countermovement jump**

Countermovement jump ble gjennomført etter squat jump med tre minutters hvile, og testpersonene startet i en oppreist posisjon med hendene plassert på hoften. Videre ble det utført et maksimalt hopp i en plyometrisk bevegelse (ekstensjon av muskulatur med påfølgende konsentrisk fase), hvor testen også tester deltagerens utnyttelse av de elastiske komponentene. For denne testen ble det også utført minimum tre og maksimum seks hopp hvor det høyeste hoppet ble tellende.

### **Countermovement jump med armsving**

Samme protokoll som countermovement jump men også med bruk av armene til å flytte tyngdepunktet med.

## **Dag 2 protokoll**

Deltakernes kroppsvekt ble målt for eventuelle endringer.

### **LT og Cs**

Før testen startet ble det gått ca. 20 minutters tilvenning på tredemøllen, med lav intensitet (< 70 % maksimal hjertefrekvens). Etter oppvarming ble det testet for Cs og LT i samme sekvens. Det foregikk over fire minutters drag, med målinger av hjertefrekvens, og VO<sub>2</sub> på 3.00, 3.20 og 3.40, hvor snittet av disse målingene ble brukt. Laktat ble målt på slutten av hvert drag. Det ble gjennomført minimum tre, og maksimum seks drag, med en økning på ca. 1.5 km·t<sup>-1</sup> per drag frem til LT var nådd. Første draget ble brukt til måling av hvileverdi for å

estimere LT. For å finne  $C_{S70\%} / C_{SLT}$  ble det regnet ut ifra  $VO_2$  data i etterkant. Personene stilte med egne staver og sko, men det ble brukt samme par rulleski (Swenor Fiberglass cap Classic). Testen ble utført på en mølle laget for staking av merket Rodby RL2500E.

### **Arbeidsperiode 1**

Det første draget ble kjørt på estimert 60 % maksimal hjertefrekvens, som var ca.  $11.5 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$  for menn, og  $6 - 7 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$  for kvinner. Det var 4 % stigning (motbakke) på møllen for begge kjønn. Etter fire minutter stoppet tredemøllen, og laktat ble målt ved bruk av Lactate Scout+ (Senslab, EKF Diagnostics, Germany), som benytter helblods målinger. Hvileverdien etter 1. drag (eks:  $1.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  laktat per liter helblod ( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) +  $2.3 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  gav LT, som i dette tilfellet blir  $3.8 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

### **Arbeidsperiode 2, 3, 4 og evt. 5-6**

Hastigheten økte for hvert drag inntil LT var nådd. Målingene av  $VO_2$  under dragene ble brukt til å regne ut  $C_s$  i etterkant av testen, hvor intensiteten var mellom 70 - 90 %  $VO_{2\text{max}}$ .

### **1RM nedtrekk**

Mellom 1RM knebøy og 1RM nedtrekk var det ~5 minutters hvile. Etter denne hvileperioden ble det gjennomført en oppvarmingsprotokoll med fire sett. Det ble utført hhv. 10, 5, 3 og 2 repetisjoner i skrevet rekkefølge, med en belastnings tilsvarende 50 %, 60 %, 70 % og 80 % av estimert 1RM i skrevet rekkefølge. Mellom hvert oppvarmings- og 1RM forsøk var det tre minutters pause. Vektbelastningen i de innledende løftene ble beregnet ut fra estimert 1RM ved pretest, og pretest resultater ved post test. Etter oppvarming ble det gjort et enkelt løft per 1RM forsøk til 1RM var nådd. Mellom hvert forsøk ble det økt mellom 5 – 10 kg basert på Watt målinger og deltakeres oppfattelse. Siden det ble gjort målinger av Effekt (Watt), var det viktig at alle repetisjoner ble utført med maksimal innsats (Raastad et al. 2010). Deltakerne ble derfor informert om dette både før og underveis. Til målingen av Watt ble det brukt MuscleLab v. 2 (Ergotest Technology, Langesund, Norway). Testingen ble utført i Gym2000 pull-down machine (Gym2000 AS, Vikersund, Norway) med et skulderbredt grep, ben vinkelrett ned i gulvet og bevegelsesbanen rett ned under haken for godkjent løft.

## 4.0 – Resultater

Som beskrevet i bakgrunnen for oppgaven, og i innsamling av data i metodedelen, er hovedfokuset i denne oppgaven på Cs og de variabler som direkte, eller indirekte relatert til Cs. Det vises likevel til endringen i andre sentrale variabler i tabellene 6-9, for å gi et inntrykk av hva som har skjedd fra pre- til posttest.

Treningsdata for de 13 ukene inn mot pretest for deltakerne er vist i tabell 4.

**Tabell 4.** Trening mot pre-test, uke -13 → uke 0.

	I1+I2	I3	I4+I5	All trening	RS/SKI	Styrke	Annet
<b>Alle (n = 26)</b>							
	406.6 ±	28.0 ±	32.1 ±	540.1 ±	314.0 ±	57.2 ±	21.6 ±
	131.5	16.3	17.0	165.7	150.1	32.8	39.7
	(32.3)	(58.4)	(53.0)	(30.7)	(47.8)	(57.3)	(183.7)
<b>Ung (n = 16)</b>							
	381.5 ±	24.2 ±	30.3 ±	529.4 ±	267.6 ±	69.8 ±	31.3 ±
	139.2	10.6	14.1	180.6	117.4	31.9**	46.5
	(36.5)	(43.9)	(46.6)	(34.1)	(43.9)	(45.7)	(148.4)
<b>Eldre (n = 10)</b>							
	446.8 ±	34.0 ±	35.2 ±	557.2 ±	388.2 ±	31.6 ±	7.6 ±
	113.2	22.0	21.4	146.2	172.3*	19.0	14.6
	(25.3)	(64.8)	(60.9)	(26.2)	(44.4)	(60.1)	(192.2)
<b>Kvinner (n = 12)</b>							
	352.0 ±	20.6 ±	26.0 ±	462.1 ±	258.3 ±	57.4 ±	9.5 ±
	105.2	10.8	16.3	142.9	153.1	33.6	11.5
	(29.9)	(52.5)	(62.8)	(30.9)	(59.3)	(58.6)	(120.5)
<b>Menn (n = 14)</b>							
	453.5 ±	34.3 ±	37.5 ±	606.9 ±	361.7 ±	57.1 ±	32.0 ±
	136.9*	17.9*	16.4	158.4*	134.9	33.4	51.7
	(30.2)	(52.2)	(43.7)	(26.1)	(37.3)	(58.5)	(161.5)

Data er presentert i minutter som gjennomsnitt ± standard avvik, med variasjonskoeffisient i parentes, **I**: intensitetssone, **I+2**: 60-82 % maksimal hjerterefrekvens, **3**: 82-87 %, **4+5**: 87-97 %, **RS**: rulleski, **n** = antall personer, **annet**: trening som ikke er loggført med pulsklokke

\*:  $p < 0.05$  forskjell mellom gruppene, \*\*:  $p < 0.01$  forskjell mellom gruppene.

Mengden rulleski og ski var ved pretest mellom kvinner og menn nesten signifikant,  $p = 0.08$ .

Endringer i trening mellom april og oktober (pre – post), er presentert i tabell 5.

**Tabell 5.** Trening frem til posttest, uke 14 → uke 22.

I1+I2	I3	I4+I5	All trening	RS/SKI	Styrke	Annet
<b>Alle (n = 26)</b>						
574.1 ± 121.3 (21.1)	31.2 ± 15.2 (48.9)	36.0 ± 18.1 (50.4)	765.9 ± 138.0 (18.0)	353.7 ± 108.7 (30.7)	81.1 ± 30.8 (38.0)	33.2 ± 34.8 (104.8)
+167.5 (41.2) <sup>##</sup>	+3.2 (11.5)	+3.8 (12.0)	+225.8 (41.8) <sup>##</sup>	+39.8 (12.7) <sup>##</sup>	+23.9 (41.7) <sup>##</sup>	+11.6 (53.7)
<b>Ung (n = 16)</b>						
544.7 ± 108.9 (18.9)	24.6 ± 10.1 (41.3)	33.7 ± 17.1 (50.8)	754.5 ± 135.3 (17.9)	339.0 ± 82.3 (24.3)	92.3 ± 26.9* (29.2)	45.5 ± 32.3* (71.0)
+163.2 (42.8) <sup>##</sup>	+0.4 (1.7)	+3.4 (11.2)	+225.1 (42.5) <sup>##</sup>	+71.4 (26.7) <sup>#</sup>	+22.5 (32.2) <sup>#</sup>	+14.2 (45.4)
<b>Eldre (n = 10)</b>						
621.2 ± 138.7 (22.3)	41.7 ± 16.5* (39.5)	39.7 ± 20.1 (50.5)	784.1 ± 147.6 (18.8)	377.2 ± 143.4 (38.0)	63.3 ± 29.4 (46.4)	13.6 ± 30.5 (224.8)
+174.4 (39.0) <sup>##</sup>	+7.7 (22.7)	+4.5 (12.7)	+226.9 (40.7) <sup>##</sup>	-11.0 (2.8)	+31.7 (100.2) <sup>##</sup>	+5.9 (77.8)
<b>Kvinner (n = 12)</b>						
537.7 ± 57.4 (10.7)	25.0 ± 7.7 (31.0)	29.4 ± 16.9 (57.4)	730.8 ± 67.6 (9.3)	341.8 ± 57.0 (16.7)	83.8 ± 29.4 (35.0)	38.4 ± 26.6 (69.2)
+185.7 (52.8) <sup>##</sup>	+4.4 (21.4)	+3.4 (13.1)	+268.7 (58.1) <sup>##</sup>	+83.5 (32.3) <sup>#</sup>	+26.4 (46.0) <sup>##</sup>	+28.9 (304.2) <sup>##§</sup>
<b>Menn (n = 14)</b>						
605.3 ± 152.5 (25.2)	36.5 ± 18.1* (49.7)	41.6 ± 17.8 (42.8)	796.0 ± 175.1 (22.0)	364 ± 140.5 (38.6)	78.8 ± 33.0 (41.9)	28.8 ± 41.1 (142.6)
+151.9 (33.5) <sup>##</sup>	+2.2 (6.5)	+4.2 (11.2)	+189.0 (31.1) <sup>##</sup>	+2.3 (0.6)	+21.7 (38.1) <sup>#</sup>	-3.2 (9.9)

Data er presentert i minutter som gjennomsnitt ± standard avvik, med variasjonskoeffisient i prosent i parentes og delta ( $\Delta$ ) endring fra pre til post med prosentvis  $\Delta$  endring i parentes, **I**: intensitetszone, **I+2**: 60-82 % maksimal hjerterefrekvens, **3**: 82-87 %, **4+5**: 87-97 %, **RS**: rulle ski, **n** = antall personer, **annet**: trening som ikke er loggført med pulsklokke, \*:  $p < 0.05$  forskjell mellom gruppene, \*\*:  $p < 0.01$  forskjell mellom gruppene, #:  $p < 0.05$  endring fra pre – post innad i gruppen, ##:  $p < 0.01$  endring fra pre – post innad i gruppen, §:  $p < 0.05$  endring vs. motsatt gruppe

Variabler som akkurat havnet utenfor signifikant verdien var total trening mellom kvinner og menn ( $p = 0.07$ ), og total mengde trening og utholdenhet mellom kvinner og menn ( $p = 0.08$  og  $p = 0.07$ ). Mengde utholdenhet og annet var også akkurat ikke signifikant forskjellig mellom ung og eldre ( $p = 0.06$ ). Annen trening var den eneste treningsvariabelen som signifikant endret seg sammenlignet med motsatt gruppe (altså kvinner vs. menn og ung vs. eldre). Mellom ung og eldre var det ingen signifikante forskjeller i de ulike treningsvariablene

i tabell 5 mellom pre- og posttest, men annen trening endret seg akkurat ikke signifikant mellom ung og eldre ( $p = 0.06$ ).

Den største endringen mellom pre- og posttest er mengden trening på rolig intensitet (I1+I2), som for «alle» utgjorde 74.2 % av den totalt økte treningsmengden. Økningen av I3 og I4+I5 er prosentvis relativt høy, men betydningen i form av antall minutter per uke er lav (tabell 5).

Resultatene for de utvalgte testvariablene er vist i tabell 6.

**Tabell 6.** Testvariabler pretest, uke 0.

	<b>Cs70%</b>	<b>CsLT</b>	<b>VO<sub>2max</sub></b>	<b>VO<sub>2peak</sub></b>	<b>UG</b>	<b>MAS</b>	<b>IRM NT</b>	<b>TTu</b>
<b>Alle (n = 26)</b>	0.209 ± 0.024 (11.6)	0.200 ± 0.021 (10.5)	62.5 ± 8.2 (13.2)	53.5 ± 6.9 (13.0)	85.9 ± 7.3 (8.5)	270.5 ± 49.7 (18.4)	86.3 ± 16.9 (19.6)	475.5 ± 115.7 (24.3)
<b>Ung (n = 16)</b>	0.213 ± 0.023 (10.7)	0.205 ± 0.020 (10.0)	61.1 ± 8.0 (13.0)	51.5 ± 7.1 (13.7)	84.5 ± 6.2 (7.4)	253.6 ± 38.1 (15.0)	78.1 ± 11.4 (14.6)	430.2 ± 92.4 (21.5)
<b>Eldre (n = 10)</b>	0.202 ± 0.026 (13.0)	0.193 ± 0.021 (10.9)	64.8 ± 8.5 (13.2)	56.6 ± 5.7 (10.1)	88.1 ± 8.7 (9.8)	297.6 ± 55.7* (18.7)	99.5 ± 16.2** (16.3)	548.0 ± 116.0** (21.2)
<b>Kvinner (n = 12)</b>	0.219 ± 0.023 (10.4)	0.209 ± 0.020 (9.3)	56.5 ± 4.5 (7.9)	48.8 ± 4.6 (9.3)	86.7 ± 8.6 (9.9)	233.8 ± 20.5 (8.8)	74.2 ± 11.8 (16.0)	390.1 ± 56.7 (14.5)
<b>Menn (n = 14)</b>	0.200 ± 0.023 (11.5)	0.192 ± 0.020* (10.1)	67.6 ± 7.2** (10.6)	57.5 ± 6.0** (10.5)	85.5 ± 8.8** (10.3)	302.0 ± 45.6** (15.1)	96.8 ± 13.2** (13.7)	548.7 ± 102.5** (18.7)

Data er presentert som gjennomsnitt ± standard avvik, med variasjonskoeffisient i prosent i parentes, **Cs70%**: stakeøkonomi på 70 % VO<sub>2peak</sub>, **CsLT**: stakeøkonomi på laktat-terskel, **VO<sub>2max</sub>**: maksimalt oksygenopptak, **VO<sub>2peak</sub>**: høyeste måling av oksygenopptak i staking, **UG**: utnyttingsgrad (%VO<sub>2max</sub> i staking), **MAS**: maksimal aerob speed (VO<sub>2peak</sub>/C), **IRM**: en repetisjon maksimum, **NT**: nedtrekk, **TTu**: tid til utmattelse, **n**: antall personer

**Cs** oppgitt i milliliter per kilo kroppsvekt per meter, **VO<sub>2max</sub>** og **VO<sub>2peak</sub>** oppgitt i milliliter per kilo kroppsvekt per minutt. **MAS** oppgitt i meter per min, **TTu** oppgitt i sekunder.

\*:  $p < 0.05$  forskjell mellom gruppene, \*\*:  $p < 0.01$  forskjell mellom gruppene.

VO<sub>2peak</sub> var nesten signifikant mellom ung og eldre ( $p = 0.07$ ), det var også akkurat ikke forskjellen i Cs70% mellom kvinner og menn ( $p = 0.06$ ).

Endringer i testvariablene er presentert i tabell 7.

**Tabell 7.** Testvariabler posttest, uke 22, og endringer fra pre- til posttest.

CS70%	CSLT	VO <sub>2max</sub>	VO <sub>2peak</sub>	UG	MAS	1RM NT	TTu
<b>Alle (n = 26)</b>							
0.203 ±	0.192 ±	63.2 ±	54.4 ±	86.4 ±	286.4 ±	88.4 ±	526.5 ±
0.028	0.020	8.7	6.7	5.8	45.0	16.6	118.7
(13.9)	(10.5)	(13.7)	(12.3)	(6.7)	(15.7)	(18.7)	(22.5)
-0.006	-0.008#	+0.7	+0.9	+0.5	+15.9##	+2.1##	+51.0##
(2.7)	(4.4)	(1.1)	(1.7)	(0.6)	(5.6)	(2.4)	(9.7)
<b>Ung (n = 16)</b>							
0.213 ±	0.196 ±	61.0 ±	52.6 ±	86.4 ±	269.9 ±	80.9 ±	472.1 ±
0.029	0.021	8.0	6.8	5.7	39.4	12.4	95.6
(13.8)	(10.5)	(13.1)	(12.9)	(6.6)	(14.6)	(15.3)	(20.2)
0.0	-0.009#	-0.1	+1.1	+1.9	+16.3##	+2.8#	+41.9##
(0.0)	(4.1)	(0.2)	(2.0)	(2.2)	(6.4)	(3.6)	(9.7)
<b>Eldre (n = 10)</b>							
0.188 ±	0.185 ±	66.8 ±	57.3 ±	86.3 ±	312.7 ±	101.7 ±	613.6 ±
0.019*	0.018	8.9	5.7	6.3	42.3*	15.0**	101.1**
(10.1)	(9.8)	(13.4)	(10.0)	(7.3)	(13.5)	(14.8)	(16.5)
-0.014	-0.009	+2.0	+0.7	-1.7	+15.2	+2.2#	+65.6##
(6.9)	(4.4)	(3.2)	(1.3)	(2.0)	(5.1)	(2.2)	(12)
<b>Kvinner (n = 12)</b>							
0.213 ±	0.197 ±	56.6 ±	49.5 ±	87.5 ±	252.4 ±	78.3 ±	443.3 ±
0.029	0.020	4.3	4.8	5.2	27.1	13.2	85.4
(13.5)	(10.4)	(7.7)	(9.7)	(5.9)	(10.7)	(16.9)	(19.3)
-0.006	-0.012#	+0.1	+0.7	+1.2	+18.6#	+4.1##	+53.2#
(2.7)	(5.7)	(0.2)	(1.4)	(1.4)	(8.0)	(5.5)	(13.6)
<b>Menn (n = 14)</b>							
0.195 ±	0.187 ±	68.9 ±	58.6 ±	85.4 ±	315.5 ±	97.7 ±	597.9 ±
0.026	0.019	7.3**	5.1**	6.3	36.0**	13.9**	95.2**
(13.4)	(10.3)	(10.6)	(8.7)	(7.4)	(11.4)	(14.3)	(15.9)
-0.005	-0.005	+1.3	+1.0	-0.1	+13.6	+0.9	+49.1##
(2.5)	(2.8)	(1.9)	(1.8)	(0.1)	(4.5)	(0.9)	(9.0)

Data er presentert som gjennomsnitt ± standard avvik, med variasjonskoeffisient i parentes og delta ( $\Delta$ ) endring fra pre til post med prosentvis  $\Delta$  endring i parentes. **CS70%**: stakeøkonomi på 70 % VO<sub>2peak</sub>, **CSLT**: stakeøkonomi på laktat-terskel, **VO<sub>2max</sub>**: maksimalt oksygenopptak, **VO<sub>2peak</sub>**: høyeste måling av oksygenopptak i staking, **UG**: utnyttingsgrad (%VO<sub>2max</sub> i staking), **MAS**: maksimal aerob speed (VO<sub>2peak</sub>/C), **1RM**: en repetisjon maksimum, **NT**: nedtrekk, **TTu**: tid til utmattelse, **n**: antall personer

**CS** oppgitt i milliliter per kilo kroppsvekt per meter, **VO<sub>2max</sub>** og **VO<sub>2peak</sub>** oppgitt i milliliter per kilo kroppsvekt per minutt. **MAS** oppgitt i meter per min, **TTu** oppgitt i sekunder.

\*:  $p < 0.05$  forskjell mellom gruppene, \*\*:  $p < 0.01$  forskjell mellom gruppene, #:  $p < 0.05$  endring fra pre – post innad i gruppen, ##:  $p < 0.01$  endring fra pre – post innad i gruppen.



Av variabler som akkurat ikke var signifikant forskjellig ved post test, var det  $C_{S70\%}$  mellom kvinner og menn ( $p = 0.06$ ), MAS mellom ung og eldre ( $p = 0.07$ ) og  $VO_{2peak}$  mellom ung og eldre ( $p = 0.08$ ). Det var ingen signifikante forskjeller mellom gruppene og endring i testresultater, hvor den nærmeste forskjellen var 1RM nedtrekk mellom kvinner og menn ( $p = 0.11$ ).

Mellom pre- og posttest hadde kvinnene dobbelt så stor prosentvis forbedring som mennene i  $C_{SLT}$  (5.7 % vs 2.8 %), men denne forbedringen var ikke signifikant større.

For å se om det var eventuelle sammenhenger mellom trening, eller endring i trening og  $C_{LT}$ , ble det gjort korrelasjonsanalyser. Disse er presentert i tabell 8 og 9.

**Tabell 8.** Korrelasjoner mot  $C_{SLT}$  ( $n = 26$ ).

	<i>r</i>	SEE (%)	<i>p</i>	<i>r<sub>K</sub></i>	<i>p</i>	<i>r<sub>A</sub></i>	<i>p</i>
<b><math>C_{SLT}</math> vs. treningsvariabler</b>							
Utholdenhetstrening	-0.33	30.4	0.10	-0.18	0.39	-0.27	0.19
I1 + I2	-0.31	31.4	0.12	-0.18	0.40	-0.26	0.21
I3	-0.35	55.7	0.08	-0.21	0.31	-0.29	0.16
I4 + I5	-0.09	54.0	0.66	-0.06	0.79	-0.05	0.80
All trening	-0.31	29.7	0.12	-0.16	0.44	-0.30	0.12
Styrketrening	-0.04	58.5	0.84	-0.05	0.82	-0.28	0.17
Rulleski og ski	-0.39*	44.9	0.05	-0.29	0.16	-0.32	0.17
<b><math>C_{SLT}</math> vs. testvariabler</b>							
1RM nedtrekk	-0.51**	17.1	<0.01	-0.31	0.14	-0.46*	0.02
1RM knebøy	-0.45*	14.7	0.03	-0.26	0.26	-0.38	0.07
$VO_{2max}$ løp	-0.25	13.0	0.22	0.09	0.66	-0.20	0.34
$VO_{2peak}$ staking	-0.09	13.2	0.67	0.30	0.15	0.01	0.96
LT (% $VO_{2max}$ )	0.31	7.9	0.12	0.27	0.20	0.38	0.07
SJ	-0.47*	16.5	0.02	-0.25	0.24	-0.47*	0.02
CMJ	-0.48**	16.0	0.01	-0.29	0.18	-0.47*	0.02
CMJas	-0.50**	13.5	<0.01	-0.29	0.18	-0.49*	0.02

*C<sub>SLT</sub>*: stakeøkonomi på laktat-terskel, *r*: korrelasjon, *SEE*: Standard Error of the Estimate oppgitt i prosent, *p*: signifikans, *K*: kontrollert for kjønn, *A*: kontrollert for alder, *I*: intensitetssone, *I+2*: 60-82 % maksimal hjerterefrekvens, *3*: 82-87 %, *4+5*: 87-97 %, *1RM*: en repetisjon maksimum, *VO<sub>2max</sub>*: maksimalt oksygenopptak, *VO<sub>2peak</sub>*: høyeste måling av oksygenopptak, *LT*, laktat-terskel oppgitt i prosent av *VO<sub>2peak</sub>*, *vLT*: hastighet på laktat-terskel ( $km \cdot t^{-1}$ ): *SJ*: squat jump, *CMJ*: countermovement jump, *CMJas*: countermovement jump med armsving,   
\*:  $p = < 0.05$ . \*\*:  $p = < 0.01$ .

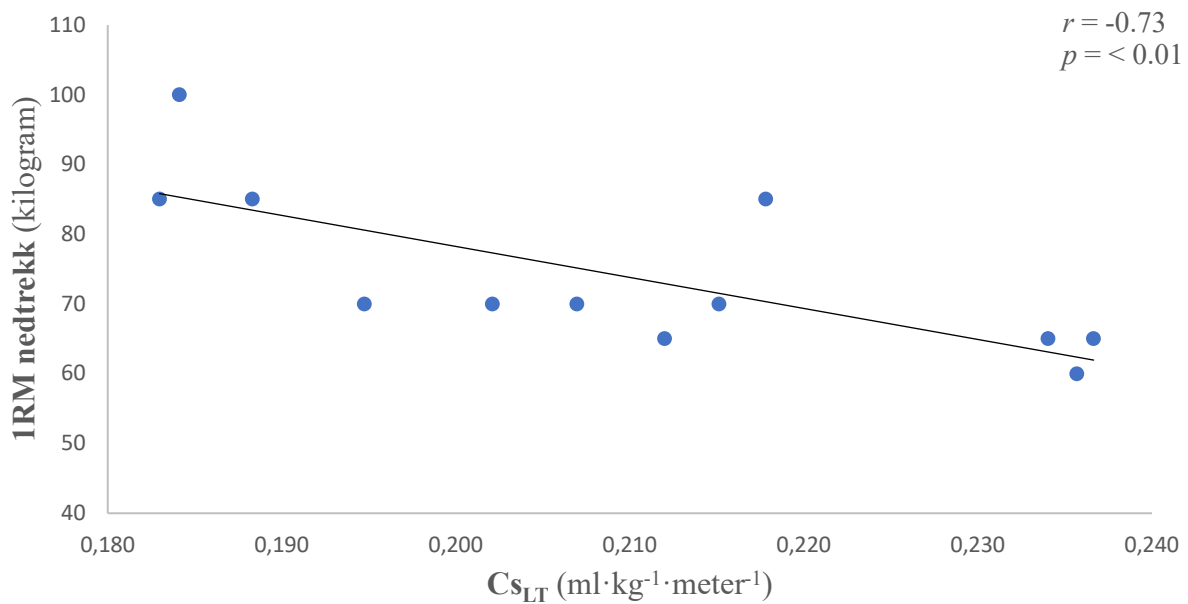
**Tabell 9.** Korrelasjoner mellom  $\Delta$  trening eller  $\Delta$  testvariabel og  $\Delta$  C<sub>SLT</sub> ( $n = 26$ ).

	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r<sub>K</sub></i>	<i>p</i>	<i>r<sub>A</sub></i>	<i>p</i>
<b><math>\Delta</math> C<sub>SLT</sub> vs. <math>\Delta</math> treningsvariabler</b>						
Utholdenhetstrening	0.06	0.76	0.09	0.65	0.06	0.77
I1 + I2	0.09	0.65	0.12	0.56	0.09	0.66
I3	-0.07	0.74	-0.06	0.79	-0.07	0.75
I4 + I5	-0.14	0.50	-0.15	0.49	-0.14	0.51
Total trening	0.09	0.67	0.16	0.44	0.09	0.68
Mengde styrketrening	0.14	0.49	0.16	0.45	0.15	0.48
Rulleski og ski	0.19	0.36	0.27	0.20	0.20	0.35
<b><math>\Delta</math> C<sub>SLT</sub> vs. <math>\Delta</math> testvariabler</b>						
1RM nedtrekk	0.05	0.80	0.25	0.25	0.21	0.33
1RM knebøy	0.09	0.68	0.13	0.55	0.14	0.54
VO <sub>2max</sub> løp	0.10	0.63	0.06	0.78	0.06	0.79
VO <sub>2peak</sub> staking	0.06	0.77	0.08	0.71	0.08	0.72
LT (% VO <sub>2max</sub> )	0.18	0.42	0.14	0.54	0.15	0.49
SJ	0.08	0.68	0.04	0.85	0.04	0.84
CMJ	-0.07	0.73	-0.12	0.60	-0.12	0.58
CMJas	0.02	0.92	-0.03	0.90	-0.03	0.88

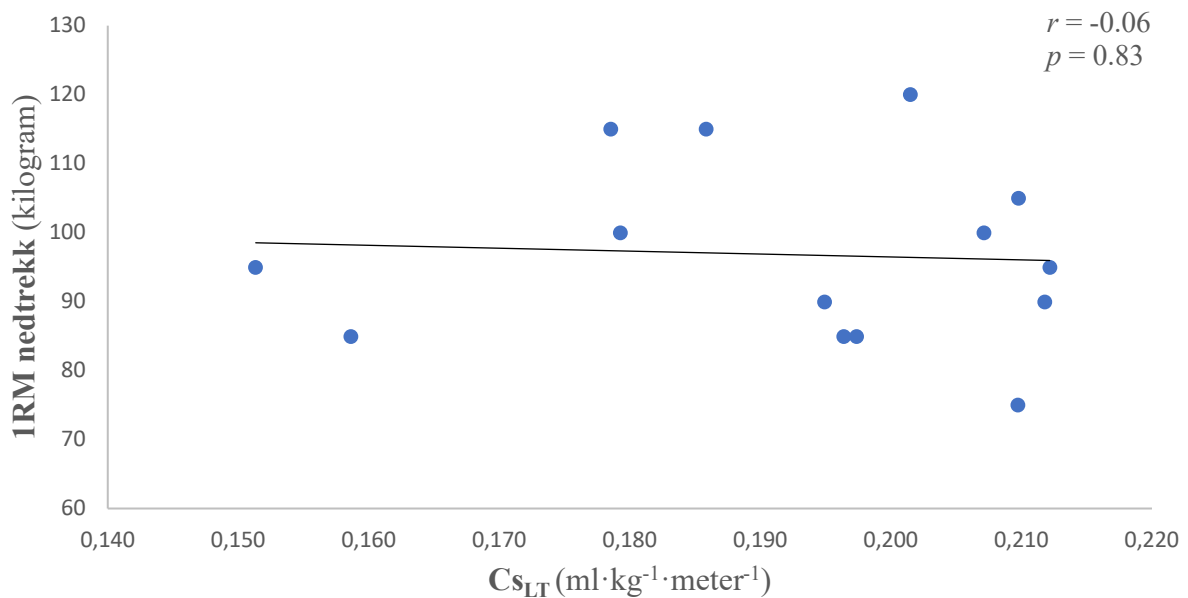
*C<sub>SLT</sub>*: staveøkonomi på laktat-terskel, *r*: korrelasjon, *p*: signifikans, *κ*: kontrollert for kjønn, *A*: kontrollert for alder, *I*: intensitetszone, *I*+*2*: 60-82 % maksimal hjerterefreknens, *3*: 82-87 %, *4*+*5*: 87-97 %, *IRM*: en repetisjon maksimum, *VO<sub>2max</sub>*: maksimalt oksygenopptak, *VO<sub>2peak</sub>*: høyeste måling av oksygenopptak, *LT*, laktat-terskel oppgitt i prosent av *VO<sub>2peak</sub>*, *vLT*: hastighet på laktat-terskel ( $\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$ ): *SJ*: squat jump, *CMJ*: countermovement jump, *CMJas*: countermovement jump med armsving.

Mengden spesifikk trening utført på rulleski og ski var den treningsvariabelen som viste sterkst korrelasjon med utført trening og C<sub>SLT</sub>, se tabell 8. Den økte mengden spesifikk trening viste derimot en tendens til økt (dårligere) Cs mellom pre- og posttest, men denne sammenhengen var svak (tabell 9).

1RM nedtrekk var den variabelen som korrelerte sterkst med C<sub>SLT</sub> (tabell 8). Den viste en sterkere korrelasjon for kvinner enn menn, se figur 1 og 2. 1RM nedtrekk delt på kroppsvekt og skalert (0.67) kroppsvekt viste ingen korrelasjon med C<sub>SLT</sub>.

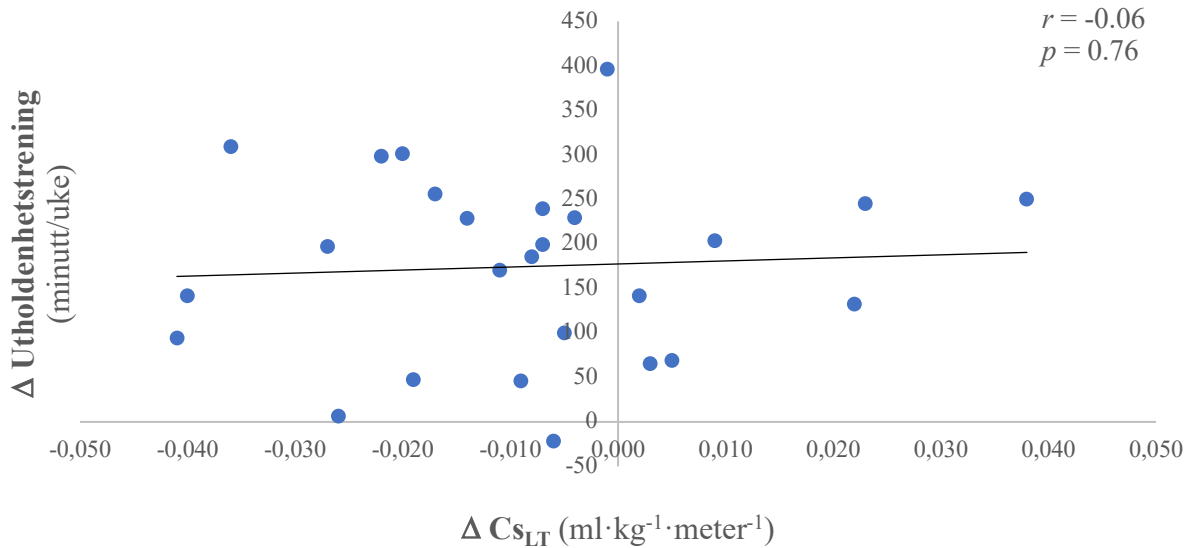


**Figur 1).** Korrelasjon mellom en repetisjon maksimum nedtrekk og  $C_{SLT}$  for kvinner, pretest. ( $n = 12$ ). ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot meter^{-1}$ ): milliliter per kilo kroppsvekt per meter,  $C_{SLT}$ : stakeøkonomi på laktat-terskel.



**Figur 2).** Korrelasjon mellom en repetisjon maksimum nedtrekk og  $C_{SLT}$  for menn, pretest. ( $n = 14$ ). ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot meter^{-1}$ ): milliliter per kilo kroppsvekt per meter,  $C_{SLT}$ : stakeøkonomi på laktat-terskel.

Figur 3 viser forholdet mellom endringen mellom pre- og posttest for mengden utholdenhetstrening, og endring i  $C_{SLT}$ . Det viste ingen korrelasjon mellom endringen av disse variablene.



**Figur 3).** Korrelasjon mellom delta endring ( $\Delta$ ) utholdenhetstrening og  $\Delta$  Cs<sub>LT</sub> fra pre- til posttest. ( $n = 26$ ), (ml·kg<sup>-1</sup>·meter<sup>-1</sup>): milliliter per kilo kroppsvekt per meter, Cs<sub>LT</sub>: stakøkonomi på laktaterskel.

Noen enkeltpersoner er trukket frem for å illustrere hva som skjer på individ nivå. To av løperne *reduserte* Cs<sub>LT</sub> med hhv. 0.036 ml·kg<sup>-1</sup>·meter<sup>-1</sup> og 0.040 ml·kg<sup>-1</sup>·meter<sup>-1</sup>. Den første hadde ingen endring i 1RM nedtrekk, økte mengden utholdenhetstrening med 309.6 min/uke og reduserte mengden rulleski og ski med 85.2 min/uke. Den andre økte 1RM nedtrekk med 10 kg og mengden utholdenhet med 141.6 min/uke, og reduserte mengden rulleski og ski med 76.2 min/uke. To andre løpere *økte* Cs<sub>LT</sub> med hhv. 0.023 ml·kg<sup>-1</sup>·meter<sup>-1</sup>, og 0.038 ml·kg<sup>-1</sup>·meter<sup>-1</sup>. For den første av disse økte 1RM nedtrekk med 5 kg, mengden rulleski og ski økte med 56.13 min/uke og mengden utholdenhet gikk opp med 526.8 min/uke. For den andre av disse økte 1RM nedtrekk med 5 kg, mengden utholdenhet økte med 250.8 min/uke og mengden rulleski og ski gikk ned med 12.1 min/uke.

## 5.0 – Diskusjon

### 5.1 – Hovedfunn

Ved pretest hadde eldre langrennsløpere en ikke signifikant 5.9 % bedre  $C_{SLT}$  enn yngre langrennsløpere. Menn hadde signifikant 8.1 % bedre Cs enn kvinner. Mellom pre- og posttest forbedret kvinner  $C_{SLT}$  dobbelt så mye som menn, målt i prosent (5.7 vs 2.8 %). Denne økningen var ikke signifikant større. Den forskjellige økningen i  $C_{SLT}$  skyldes muligens at kvinnene økte total og langrennsspesifikk treningsmengde mer enn mennene, samt at de også økte 1RM nedtrekk noe mer enn mennene.

Et viktig ikke-funn var mangel på korrelasjon mellom total mengde utholdenhetstrening og  $C_{SLT}$ . Mengden spesifikk langrennstrening var den treningsvariabelen som korrelerte sterkest med  $C_{SLT}$  (tabell 8), men viste derimot ingen korrelasjon med endringer fra pre til post, og endringer i  $C_{SLT}$  (tabell 9). Imidlertid ble tilnærmet all langrenns spesifikk trening gjennomført på ski ved pretest, og som rulleski ved posttest, noe som kan ha påvirket disse resultatene.

Av testvariablene var det 1RM nedtrekk som viste den sterkeste korrelasjonen med  $C_{SLT}$  ved pretest, sammen med spensthoppene. Når det ble kontrollert for kjønn ble disse korrelasjonene noe svakere, men når kvinner ble isolert som gruppe viste 1RM nedtrekk og  $C_{SLT}$  en sterk korrelasjon (figur 1). Dette gjaldt ikke for menn isolert (figur 2).

Spensthoppene viste for hele gruppen en moderat korrelasjon (tabell 8). For kvinner viste countermovement jump med armsving den sterkeste korrelasjonen, med en signifikant moderat-sterk korrelasjon ( $r = -0.63$ ,  $p = 0.03$ ). For menn viste countermovement jump den sterkeste korrelasjonen av spensthoppene, og denne var svak ( $r = -0.3$ ,  $p = 0.29$ ). Det kan tenkes at de som er sterke i 1RM nedtrekk, også her er sterke / eksplosive i beina, og at dette påvirker korrelasjonen, siden det er samme tendens i korrelasjon hos kvinner og menn som for 1RM nedtrekk. Spensttrening endret seg så godt som ingenting fra pre- til posttest, og har derfor sannsynligvis ikke spilt noen rolle i forbedringen til Cs fra pre- til posttest.

## **De postpubertale langrennsløperne hadde bedre Cs enn de pubertale**

Først må det understrekes at postpubertal og pubertal her er klassifisert etter kronologisk alder (16-18 vs 19 og eldre år), og ikke biologisk alder, med de unøyaktigheter det måtte medføre. Forskjellen i  $C_{SLT}$  mellom «ung» og «eldre» viste en ikke signifikant forskjell på 5.9 % i  $C_{SLT}$  i favør eldre. Dette er tilnærmet samme forskjell som ble sett i Ainegren et al. (2013). Det kan tenkes at dette kan forklares med at «eldre» i større grad er helt ferdig med puberteten, men også med at de har gjennomført et større antall treningstimer over flere år, som også trekkes frem i (Berg, 2003). Disse treningstimene, samt mer utviklet fysikk kan ha ført til en høyere 1RM nedtrekk, der «eldre» hadde signifikant 27.4 % høyere 1RM nedtrekk enn ung. Som nevnt i metodedelene er gruppen «eldre» overrepresentert av menn (7 menn, 3 kvinner), mens «ung» består av 9 kvinner og 7 menn. Dette kan være med å påvirke forskjellen sett mellom ung og eldre da menn også er vist å ha bedre Cs enn kvinner. Med andre ord kan aldersforskjellen delvis være en kjønnsforskjell. Til tross for at «ung» økte signifikant mengden spesifikk langrennstrening fra pre – posttest med 26.7 %, og eldre hadde en ikke signifikant nedgang på 11 %, hadde ikke den yngre gruppen større forbedring i  $C_{SLT}$  enn den eldre målt som  $ml \cdot kg^{-1} \cdot meter^{-1}$ , og tilnærmet lik prosentvis fremgang. Dog var fremgangen til «ung» signifikant, noe den ikke var for «eldre» (tabell 7).

## **Menn hadde bedre Cs enn kvinner**

Menn hadde i denne studien signifikant 8.1 % bedre Cs enn kvinner ved pretest. Sunde et al. (2019) så tilnærmet identiske funn i Cs (8 % bedre for menn). Ainegren et al. (2013) så ingen forskjell i Cs mellom kjønn.  $C_{SLT}$  skalert for kroppsvekt viste også bedre  $C_{SLT}$  for menn, noe også Sunde et al. (2019) fant. Om forskjellen i kjønn bare skyldes naturlige kjønnsforskjeller er vanskelig å si. Treningsmessig til pretest var kjønnsforskjellene at menn hadde større total treningsmengde, trente mer hastighet tilsvarende LT (I3) og akkurat ikke signifikant mer rulleski og ski. Om denne forskjellen i trening skyldtes at menn hadde en lavere Cs og tålte mer trening, eller fikk bedre Cs av å trene mer er vanskelig å si. For å komplisere bildet ytterligere ble det heller ikke funnet noen korrelasjon mellom treningsmengde totalt og endring i Cs på tvers av kjønnene som vist i figur 3.

En sannsynlig forklaring på kjønnsforskjellen i Cs kan være at mennene hadde 30.5 % høyere 1RM nedtrekk enn kvinnene. Dette er i samsvar med kjønnsforskjellen i 1RM nedtrekk i Sunde et al. (2019). Det at forskjellen i både 1RM nedtrekk og Cs i Sunde et al. (2019) og denne studien er tilnærmet identiske, kan støtte opp om 1RM nedtrekk sin betydning for Cs,

da en høyere 1RM nedtrekk kan øke transitt tiden gjennom lavere frekvens, hurtigere kraftutvikling og lavere kontakt tid (Sunde et al. 2019). Forskjell i sykluslengde i staking er også sett i Sandbakk et al. (2012) hvor menn hadde 23 % lengre sykluser enn kvinner.

### **Mer utholdenhetstrening fører trolig ikke til bedre Cs.**

Gjennomsnittlig og anbefalt total treningsmengde hos satsende skiløpere i Norge har i junioralder en progresjon fra ca. 400 timer ved 16 års alder, til ca. 700 timer ved 20 års alder (NSF, 2017a). Senior utøvere ligger på ca. 800 timer i snitt (Tønnessen et al. 2014). For senior utgjør utholdenhetstreningen ca. 95 % (Tønnessen et al. 2014), og for yngre noe mindre. Mengden utholdenhetstrening i dette studiet lå for de eldre noe under dette timeantallet, og for de yngre omtrent innenfor veiledende treningsmengder på aldersbestemt nivå.

Total mengde utholdenhetstrening korrelerte ikke med  $C_{SLT}$  i den foreliggende studien (tabell 8). Det ble heller ikke funnet noen sammenheng mellom økt treningsmengde, og endring i  $C_{SLT}$  (figur 3). Interessant nok viste de to mannlige deltakerne med best Cs å være blant de to med både færrest, og høyest antall timer utholdenhetstrening totalt. Personen med best Cs og høy treningsmengde, hadde også 11.8 % høyere 1RM nedtrekk og 150.4 % mer spesifikk trening på rulleski enn personen med nest best Cs og lav treningsmengde, noe som kan ha påvirket denne forskjellen. Samme fenomen ble også sett hos kvinnene, hvor de to kvinnene med tilnærmet lik  $C_{SLT}$  (0.184 og 0.183  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{meter}^{-1}$ ), hadde en forskjell i treningsmengde på 355 min/uke, tilsvarende 135 % mer trening for den av de som trente mest.

Tallene fra den foreliggende studien peker på at det er bevegelsesspesifikk, og ikke generell utholdenhetstrening som kan tenkes å være bestemmende for Cs. Dette prinsippet er tidligere vist i andre idretter som for eksempel fotball, hvor mer trening på tredemølle ga bedre løpsøkonomi på tredemøllen (Helgerud et al. 2001, 2003), mens mer fotballspill med samme intensitet som løpingen på tredemøllen (målt som hjertefrekvens) ikke ga bedre løpsøkonomi på tredemølle (McMillan et al. 2005).

## **Mer langrennsspesifikk trening ble assosiert med bedre Cs enn mindre langrennsspesifikk trening**

Mengden langrennsspesifikk trening var den treningsvariabelen som korrelerte sterkest med  $C_{SLT}$  (tabell 8). Endringen i mengden langrennsspesifikk trening fra pre til post viste derimot ingen korrelasjon med endring i Cs. Johansen et al. (2020, in print) fant at ved å erstatte vanlig høy-intensitet aerobe intervaller med spesifikke høy-intensitet aerobe intervaller på rulleski, forbedret Cs seg 9.2 % over seks uker hos mosjons-konkurranseskiløpere, noe som peker på betydningen av spesifisitet for forbedring av Cs. De små forbedringene i Cs fra pre til post kan nok blant annet forklares med summen av flere ikke-signifikante små endringer i trening til litt mer langrennsspesifikk trening, en dreining fra mest ski til mest rulleski gjennom perioden og signifikant mer styrketrening i alle grupper.

Gruppen «ung» var den gruppen som økte sin mengde langrennsspesifikk trening mest, med 71.4 minutter (26.7 %). «Eldre» hadde til sammenligning en nedgang på 11 minutter (2.8 %). Økningen til ung var likevel ikke signifikant ift. eldre. Den totale mengden var høyere hos «eldre» (377.2 min snitt per uke), sammenlignet med «ung» (339.0 min snitt per uke).  $C_{S70\%}$  for «ung» forble uforandret i denne perioden, mens eldre hadde en ikke signifikant endring på 6.9 %. For  $C_{SLT}$  var endringen mer lik hos begge grupper, med en forbedring på hhv. 4.1 og 4.4 % for «ung» og «eldre», hvor forbedringen var signifikant for «ung», men ikke «eldre». Gruppene trente relativt lik mengde rulleski og ski (38.2 min mer pr uke for eldre) ved posttest, men endringen i mengden langrennsspesifikk trening mellom gruppene var som nevnt stor. Likevel hadde disse gruppene lik endring i  $C_{SLT}$  noe som kan tyde på at mengden har hatt mindre betydning for  $C_{SLT}$  enn at gjennomføringen ble endret fra primært ski til rulleski.

## **Høyere 1RM nedtrekk har trolig en positiv effekt for Cs**

1RM nedtrekk viste en moderat, signifikant korrelasjon med  $C_{SLT}$  når hele gruppen ble sett under ett (tabell 8). Dette er i samsvar med Sunde et al. (2019), hvor det ble det funnet en svak men signifikant korrelasjon mellom 1RM nedtrekk og Cs. Det trekkes likevel frem i Sunde et al. (2019) at 1RM nedtrekk har vært med å påvirke den allerede nevnte transitt tiden for blodgjennomstrømning. Motstridende funn mellom maksimal styrke og Cs har blitt sett i løping (Støren et al. 2008, 2013) og sykling (Sunde et al. 2010), der MST førte til bedre 1RM også førte til bedre C, men der C ikke korrelerte med 1RM per se. I den foreliggende studien forbedret kvinnene 1RM nedtrekk mest, og de hadde også størst forbedring i  $C_{SLT}$  fra pre til



post. Imidlertid hadde mennene i den foreliggende studien ved pretest signifikant 30.5 % høyere 1RM nedtrekk enn kvinner, og det kan være noe av årsaken til kjønnsforskjellene som ble sett i Cs ved pretest.

Eldre hadde som nevnt signifikant 27.4 % høyere 1RM nedtrekk enn de yngre i den foreliggende studien. Korrelasjonen mellom 1RM og  $C_{SLT}$  ved pretest var moderat og signifikant for de yngre, mens det ikke var signifikant korrelasjon mellom 1RM og  $C_{SLT}$  ved pretest hos de eldre. En årsak til denne forskjellen kan være den nevnte ujevne kjønnsfordelingen hos de yngre versus de eldre.

En viktig årsak, og kanskje hovedårsaken til manglende korrelasjon mellom endringer i 1RM nedtrekk og endringer i Cs, er nok at 1RM nedtrekk bare endret seg med i snitt bare 3 kg fra pre- til posttest for hele gruppen.

### **Større mengde styrketrening har potensielt påvirket adaptasjoner i $C_{SLT}$**

Mengde styrketrening viste ingen korrelasjon med  $C_{SLT}$  ved pretest. Heller ikke endring i styrketrening viste seg å korrelere med endringer i  $C_{SLT}$ . Til tross for ingen korrelasjon vil sannsynligvis gjennomført styrketrening ha vært sentralt for utvikling av 1RM nedtrekk. Loggføring av styrke er etter oppfatning heller ikke presis nok, og dette innebærer nok en variasjon i hvilke som har trent MST, og hvilke som har trent mer submaksimalt. I studier hvor styrketrening har vist seg å bedre C, har det utelukkende vært benyttet MST (Hoff et al. 1999, 2002; Østerås et al. 2002; Støren et al. 2008; Sunde et al. 2010).

### **Maksimal styrke og Cs. Kun kjønnsforskjeller?**

Menn har generelt større absolutt og relativ muskelmasse, mindre fettmasse, høyere testosteronnivåer og høyere maksimal styrke enn kvinner generelt (Kenney et al. 2015). Det samme angående 1RM ble observert både i den foreliggende studien, og i Sunde et al. (2019). Når deltakerne ikke er kjønnsdelt eller korrelasjonene korrigeret for kjønn, kan det derfor stilles spørsmål om i hvilken grad kjønnsforskjeller er styrkeforskjeller med tanke på 1RM og Cs. Imidlertid ble det funnet sammenheng mellom 1RM nedtrekk og Cs i den foreliggende studien på enkelt-kjønnsnivå og korrigeret for kjønn.

## 5.2 – Praktiske implikasjoner

På bakgrunn av funn i gjeldende studie er det vanskelig å bastant skulle konkludere med eventuelle endringer av praksis for å bedre Cs. Imidlertid finnes det i resultatene indikasjoner på at det kan være lurt å trene i spesifikk teknikk (staking), hvor denne treningen er så spesifikk som mulig (rulleski kontra ski) og prioritere MST i nedtrekk som styrketreningsform i et stort nok omfang til at 1RM øker, og ikke bare vedlikeholdes. Basert på funnene til Johansen et al. (2020, in print) kan det også tenkes at trening på intensiteter tilsvarende vLT og høyere kan være hensiktsmessig for forbedring av Cs. Generelt økt mengde utholdenhetstrening synes derimot ikke å bedre Cs, og er derfor ikke en effektiv strategi for å bedre Cs.

## 5.3 – Styrker og svakheter

Denne studien har hatt et relativt høyt antall deltakere ( $n = 26$ ), sett i forhold til lengden på studiet og omfanget av treningsregistrering og testing. Imidlertid er antallet lavt mtp. statistisk power når gruppen deles på kjønn, eller alder. Dette umuliggjorde en deling i kjønn og alder samtidig (unge og gamle kvinner, og unge og gamle menn).

Styrketrening er som nevnt slått sammen da det under loggføring av styrketrening er antatt at loggføringen i stor grad ikke er representativ for faktisk utført styrketrening, med tanke på intensitet. Det er og vanskelig å kontrollere for at 4RM eksempelvis faktisk er 4RM, og ikke 7RM. Det blir altså subjektivt fra hver enkelte deltaker. Loggføring av pulsdata er derimot objektiv og gir sikrere kilde til treningsdata. Denne studien har ikke tatt for seg mengden hurtighet og spenst da det samme problemet er gjeldende som for styrketrening. Dette er variabler som kan ha betydning for Cs, så det er en svakhet at disse variablene ikke blir tatt med, og at loggføringen av styrketrening antas å ikke være representativ.

For enkelte av deltakerne var det første gang de gikk på rulleski på tredemølle, mens andre hadde god erfaring. Selv om samtlige deltakere fikk minimum 20 minutter tilvenningsperiode på tredemølle, er ikke dette nødvendigvis nok. Dette kan særlig gi utslag på sammenligninger gjort ved pre, og potensielt også ved post, der flere av deltakerne enten fremdeles var usikre, eller at deltakere gikk fra å være usikre til trygge. Det kan og påvirke når man ser på enkeltpersoner i forhold til hvor stor forbedring de hadde mellom pre og post. Skulle deltakeren ha fått en dårlig følelse ved pre, kan det også tenkes at det kan ha påvirket negativt

fra pre til post, men det antas at det primært er positive forbedringer som sees i sammenheng med tilvenning av tredemølle. Hvor stor grad dette har hatt på resultatene er umulig å si, men det må absolutt tas høyde for som en sentralt avgjørende faktor. Dette kunne også vært prøvd å tatt høyde for, ved at deltakere ga en rangering på trygghetsfølelse. Dette hadde ikke utelukket feilkilder, men kunne gitt innblikk i viktige detaljer.

I denne studien har C blitt målt som oksygenkostnaden alene, målt på hver enkelte deltakers sub-maksimale hastighet, gjennom  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{meter}^{-1}$ . Måling av oksygenopptaket alene har mottatt noe kritikk da det ikke tar hensyn til hele energibidraget fra anaerobe og aerobe prosesser, og dermed ikke representerer et komplett energibidrag (Daniels, 1985, Saunders et al. 2004; Fletcher et al. 2009). Ei heller hvilke substrater som utnyttes (Fletcher et al. 2010, 2013). Anaerobt energibidrag under submaksimale hastigheter skal under normale omstendigheter være svært lite med tanke på testprotokoll (Kenney et al. 2015). Og siden konkurransesystemene i langrenn er 70 - 99 % aerobt arbeid (Gastin, 2001; Burke & Deakin, 2015), vil disse målingene være relativt representative for Cs under konkurranse.

Måling av C på en gitt fart har vært gjort i flere studier (Pollock et al. 1977; Saltin et al. 1995; Saunders et al. 2004) og her vil C relateres direkte til en gitt hastighet. C i denne studien er målt gjennom oksygenkostnaden på ulike intensiteter, og videre relatert til  $\% \text{VO}_{2\text{peak}}$ . Fordelen med å relatere C til en hastighet er at det sier direkte noe om oksygenkostanden på en gitt fart, som videre kan relateres til ulike prestasjoner. Det sier dog lite om hvilke intensitet det for ulike utøvere er målt i, og gir dermed fordeler og ulemper ved begge måleenheter. I noen andre studier uttrykkes også C gjennom kilojoule for å reflektere den faktiske energikostnaden i større grad (Fletcher et al. 2009, 2010, 2013). Måling av substratutnyttelse kunne gjennom RER vært gjort i denne studien, men har ikke blitt gjort.

Måling av C gjennom oksygenopptak er avslutningsvis regnet som en tradisjonell og tidsbesparende metode, og kan gi en god pekepinn på energikostnaden for forflytningen.

## 5.4 – Videre forskning

Denne oppgaven har identifisert en rekke variabler som kan være av betydning for Cs. Denne oppgaven har derimot ikke et design som i stor grad egner seg til å si noe om hvilke variabler som er den direkte årsaken til forskjellen i Cs, og endringen i Cs, da det er flere variabler som kan antas å ha påvirket denne forskjellen og endringen. Fra pre- til posttest endret også samtlige av disse variablene seg, noen i større grad en andre, hvor det er vanskelig å si noe direkte om hva som er årsaken til endringen. En randomisert kontrollert studie som tar for seg endringer av enkeltvariabler som MST, 1RM nedtrekk, spesifikk trening og spenstvariantene med mer, hvor resterende trening holdes konstant, ville kunne indikere betydningen av disse i større grad, og være svært interessant. Slike studier på nivået deltakerne i denne studien er på er sjelden vare, men absolutt noe som har stor forskningsverdi hvor det lar seg gjennomføre.

Basert på funn i denne oppgaven vil det være av interesse der videre forskning undersøkte eventuelle aldersforskjeller og Cs, kjønnsforskjeller og 1RM nedtrekk, og om økt mengde trening på høyere intensiteter har en positiv effekt på Cs, slik som vist i Johansen et al (2020, in print). Det ville også vært interessant å undersøkt om de personene som har en høy treningsmengde vil få dårligere Cs ved å redusere I1+I2 treningsmengden, og om de som trener mindre vil få en bedre Cs av å øke mengden I1+I2, hvor andre treningsvariabler holdes konstant.

## 5.5 – Korrelasjon, ikke kausalitet

En  $r$  og  $p$  verdi kan gi en statistisk forklaring mellom ulike variabler og kan gi indikasjoner på hvor stor en korrelasjonen er ( $r$ ), og hvor tilfeldig denne sammenhengen var ( $p$ ). For at en korrelasjon i det hele tatt skal oppstå krever det også at talldataene er ujevnt fordelt i variablene. Eksempelvis vil det ikke fremkomme en sterk korrelasjon mellom C og mengde trening i talldata hvor mengden trening er lik. Det kan derimot fremkomme en korrelasjon dersom talldataene har en spredning i treningsmengde, og påfølgende C. Dette trenger ikke å bety at variabler som gir store korrelasjoner er de variablene som faktisk er de som spiller størst rolle for utfallet av en annen variabel som det blir sett opp mot. I det nevnte eksempelet kan det hende at mengde trening er helt sentralt for utfallet av C, men at det ikke nødvendigvis fremkommer en korrelasjon, fordi det er for stor homogenitet i resultatene. Det kan også fremkomme sterke korrelasjoner som ikke nødvendigvis har en sterk betydning for prestasjonen. I grupper hvor det er ulike kjønn og stor spredning i alder (og eventuelt andre

tilsvarende variabler av betydning), er det viktig å ta høyde for disse. En korrelasjon må derfor skilles sterkt fra kausalitet, hvor kausalitet er den faktiske årsaken, og som oftest vanskelig å si noe direkte om. Sammenligning av samme personer gjennom to testpunkter vil imidlertid gi noe sterkere funn enn kun en enkelt test.

## 5.6 – Konklusjon

De eldre langrennsløperne hadde ikke signifikant 5.9 % bedre Cs enn de yngre ved pretest. Menn hadde signifikant 8.1 % bedre Cs enn kvinner ved pretest, både relatert til full kroppsvekt og skalert kroppsvekt (0.67). Denne forskjellen kan antas å primært skyldes mer spesifikk trening, en høyere 1RM nedtrekk og flere år med trening for eldre. Av testvariabler var det 1RM nedtrekk som viste sterkest korrelasjon med Cs ved pretest. Ingen endringer i trening eller testvariabler korrelerte med endringer i Cs, totalt eller korrigert for kjønn eller alder. Dette skyldes antakelig først og fremst at både trening og testvariabler endret seg svært lite gjennom den seks måneders lange perioden, bortsett fra mengden I1 og I2 som viste ingen korrelasjon med endring i  $C_{SLT}$ . Forbedringen i Cs fra pre – post antas å være primært være forårsaket av mer spesifikk trening på rulleski og tilvenning av tredemølle.

## 6.0 – Litteratur

- Ainegren, M., Carlsson, P., Tinnsten, M. & Laaksonen, M. S. (2013). Skiing Economy and Efficiency in Recreational and Elite Cross-Country Skiers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1239–1252. doi:10.1519/jsc.0b013e31824f206c.
- Barrett-O'Keefe, Z., Helgerud, J., Wagner, P.D. & Richardson, R.S. (2012). Maximal strength training and increased work efficiency: contribution from the trained muscle bed. *J Appl Physiol*, 113(12), 1846–1851. doi:10.1152/jappphysiol.00761.2012.
- Basset, D.R. Jr. & Howley, E.T (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.*, Jan;32(1), 70-84.
- Bassett, D.R. Jr. & Howley, E.T. (1997). Maximal oxygen uptake: "classical" versus "contemporary" viewpoints. *Med Sci Sports Exerc.*, 29(5), 591–603. doi:10.1097/00005768-199705000-00002.
- Berg, K. (2003). Endurance training and performance in runners. *Sports Medicine* 33(1), 59-73.
- Berryman, N., Mujika, I., Arvisais, D., Roubéix, M., Binet, C. & Bosquet, L. (2018). Strength Training for Middle- and Long-Distance Performance: A Meta-Analysis. *Int J Sports Physiol Perform.*, 13(1), 57–63. doi:10.1123/ijsp.2017-0032.
- Billat, V., Lepretre, P. M., Heugas, A. M., Laurence, M. H., Salim, D., & Koralsztein, J. P. (2003). Training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(2), 297–306. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000053556.59992.A9>.
- Billat, V.L., Fechet, B., Petit, B., Muriaux, G. & Koralsztein, J.P. (1999). Interval training at VO<sub>2</sub>max: Effects on aerobic performance and overtraining markers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, (31), 156-163.
- Blagrove, R.C., Howatson, G. & Hayes, P.R. (2018). Effects of Strength Training on the Physiological Determinants of Middle- and Long-Distance Running Performance: A Systematic Review. *Sports Med.*, 48(5), 1117–1149. doi:10.1007/s40279-017-0835-7.
- Buchheit, M. (2010). The 30-15 Intermittent Fitness Test: 10 year review. *Myrorbie Journal*. (1).
- Buchman, A. S., Wilson, R. S., Yu, L., James, B. D., Boyle, P. A. & Bennett, D. A. (2014). Total daily activity declines more rapidly with increasing age in older

adults. *Archives of gerontology and geriatrics*, 58(1), 74–79.

<https://doi.org/10.1016/j.archger.2013.08.001>.

- Burke, L. & Deakin, V. (2015). *Clinical sports nutrition*. Australia: McGraw-Hill Education.
- Campos, G. E. R., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., Ragg, K. E., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J. & Staron, R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur. J. Appl. Physiol.* 88: 50 – 60.
- Carlsen, C.H, Rud, B., Myklebust, H. & Losnegard, T. (2018). Pole lengths influence O<sub>2</sub>-cost during double poling in highly trained cross-country skiers. *Eur J Appl Physiol.*, 118(2), 271–281. doi:10.1007/s00421-017-3767-x.
- Chamari, K., Moussa-Chamari, I., Boussaïdi, L., Hachana, Y, Kaouech, F. & Wisløff, U. (2005). Appropriate interpretation of aerobic capacity: allometric scaling in adult and young soccer players. *Br. J. Sports Med.*, 39(2), 97 – 101 .
- Coetzer, P., Noakes, T.D., Sanders, B., Lambert, M.I., Bosch, A.N., Wiggins, T. & Dennis S.C. (1993). Superior fatigue resistance of elite black South African distance runners. *J Appl Physiol.*, 75(4), 1822-1827.
- Conley D.L. & Krahenbuhl G.S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.*, 12(5), 357–360
- Coyle, E.F. (1995). Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc Sport Sci Rev.*, (23), 25–63.
- Coyle, E.F. (2005). Improved muscular efficiency displayed as Tour de France champion matures. *Journal of Applied Physiology*, (98), 2191-2196.
- Coyle, E.F., Coggan, A.R., Hopper, M.K. & Walters T.J. (1985). Determinants of endurance in well-trained cyclists. *J Appl Physiol.*, 64(6), 2622–2630. doi:10.1152/jappl.1988.64.6.2622
- Coyle, E.F., Sidossis, L.S., Horowitz, J.F., and Beltz, JD. (1992). Cycling efficiency is related to the percentage of type 1 muscle fibers. *Med Sci Sports Exerc.*, (24),782–788.
- Daniels J. & Daniels N. (1992). Running economy of elite male and elite female runners. *Med Sci Sports Exerc.*, 24(4), 483–489.
- Daniels, J., Oldridge, N., Nagle, F., & White, B. (1978). Differences and changes in VO<sub>2</sub> among young runners 10 to 18 years of age. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, (10), 200-203

- Daniels, J.T. (1985). A physiologist's view of running economy. *Med Sci Sports Exerc.*, 17(3), 332–338.
- Denadai, B.S., de Aguiar, R.A., de Lima L.C., Greco C.C. & Caputo F. (2017). Explosive Training and Heavy Weight Training are Effective for Improving Running Economy in Endurance Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.*, 47(3), 545-554.
- Enoksen, E. & Sletten, S.H. (1995). *Treningslære*. Gyldendal Norsk Forlag, Oslo. ISBN: 82-05-22456-0
- Enoksen, E., Tønnessen, E. & Tjelta, L. I. (2007). *Styrketrening - I individuelle idretter og ballspill*. Kristiansand: Høyskoleforlaget. s. 28.
- Fletcher, J.R. & MacIntosh, B.R. (2017). Running economy from a muscle energetics perspective. *Front Physiol.*, (8), 433.
- Fletcher, J.R., Esau, S.P., & Macintosh, B.R. (2009). Economy of running: beyond the measurement of oxygen uptake. *J Appl Physiol.*, 107(6), 1918–22.
- Fletcher, J.R., Esau, S.P., & MacIntosh, B.R. (2010). Changes in tendon stiffness and running economy in highly trained distance runners. *Eur J Appl Physiol.*, 110(5), 1037–46.
- Fletcher, J.R., Pfister, T.R., & Macintosh, B.R. (2013). Energy cost of running and Achilles tendon stiffness in man and woman trained runners. *Physiol Rep.*, 1(7), e00178.
- Foster, C. & Lucia, A. (2007). Running economy: the forgotten factor in elite performance. *Sports Med.*, 37(4-5), 316-319.
- Franch, J., Madsen, K., Djurhuus, M.S. & Pederen, P.K. (1998). Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, (30), 1250-1256.
- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med.*, 31(10), 725 – 741.
- Grønmo, S. (2004). *Samfunnsvitenskapelige metoder*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Gullstrand, L., Nilsson, J., Ansenes, J. & Lindholm, T. (2000). Vertikal- och sidriktade rörsler visavi löpsökonomi – en pilotstudie. *Svensk Idretts Forskning*, 2(9), 25-30.
- Häkkinen, K. (1994). Neuromuscular adaptations during strengthtraining, aging, detraining, and immobilization. *Crit. Rev. Phys. Rehabil. Med.*, (6), 161-198.



- Harris, R.C., Edwards, R.H.T., Hultman, E., Nordesjö, L.O., Ny Lind, B. & Sahlin, K. (1976). The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *Plügers Arch.*, 367(2), 137 – 142.
- Helgerud, J. (1994). Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performance level in marathons. *Eur J Appl Physiol* 68:155–161.
- Helgerud J., Engen L.C., Wisløff U. & Hoff J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 33(11): 1925-1931
- Helgerud J., Kemi O.J. & Hoff J. (2003). Pre-season concurrent strength and endurance development in elite soccer players. In Hoff J, Helgerud J (Eds), *Football (Soccer) New developments in physical training research*, NTNU, Trondheim.
- Helgerud, J., Høydal, K.L., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P.R., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C.S., Hjorth, N.L., Bach, R. & Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO<sub>2</sub>max more than moderate training. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 39(4), 665 – 671.
- Helgerud, J., Støren, O., & Hoff, J. (2010). Are there differences in running economy at different velocities for well-trained distance runners? *European Journal of Applied Physiology*, 108(6), 1099–1105. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1218-z>
- Hoff, J., Gran, A. & Helgerud, J. (2002). Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scand. J. Med. Sci. Sports.*, 12(5), 288–295.
- Hoff, J., Helgerud, J. & Wisløff, U. (1999). Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 31(6), 870 – 877.
- Hoff, J., Kemi, O.J. & Helgerud, J. (2005). Strength and endurance differences between elite and junior elite ice hockey players. The importance of allometric scaling. *Int. J. Sports Med.*, 26(7), 537 – 541.
- Hoff, J., Støren, Ø., Finstad, A., Wang, E. & Helgerud, J. (2016). Increased blood lactate level deteriorates running economy in World class endurance athletes. *J. Strength Cond. Res.* 30(5), 1373 – 1378.
- Holmberg, H.C., Rosdahl, H., & Svedenhag, J. (2007). Lung function, arterial saturation and oxygen uptake in elite cross country skiers: Influence of exercise mode. *Scand J Med Sci Sports.*, (17), 437–444.

- Horowitz, J.F., Sidossis, L.S., & Coyle, E.F. (1994). High efficiency of type I muscle fibers improves performance. *Int J Sports Med.*, (15),152–157.
- Ingjer, F. (1991). Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and men elite cross-country skiers. *Scand J Med Sci Sports.*, (1), 25–30.
- Johansen, J.M., Eriksen, S., Sunde, A., Slettemås, Ø.B., Helgerud, J. & Støren, Ø. (2020, in print). High-intensity double poling intervals improve utilization of 46 maximal oxygen uptake and work economy in recreational cross-country skiers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, accepted 13 feb, 2020.
- Johansen, J.M., Sunde, A., Helgerud, J. & Støren, Ø. (2019). Predicting aerobic endurance performance – saving time and blood. *European Conference of Sports Science*, Praha, Tsjeckia, 3-6 Juli, 2019.
- Jones, A.M. (1998). A five year physiological case study of an Olympic runner. *British Journal of Sports Medicine*, 32(1), 39-43.
- Jones, A.M., Koppo, K. & Burnley, M. (2003). Effects of prior exercise on metabolic and gas exchange responses to exercise. *Sports Med.*, 33(13), 949-71.
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *The Journal of Physiology*, 586(1), 35–44.
- Kenney, W.L., Wilmore, J.H., & Costill, D.L. (2015). *Physiology of sport and exercise*, United States of America: Human Kinetics. s. 52-68, 120-125, 176, 201, 243-261, 438-476.
- Krahenbuhl, G.S., Morgan, D.W., & Pangrazi, R.P. (1989). Longitudinal changes in distance-running performance of young males. *International Journal of Sports Medicine*, (10), 92-96.
- Kubo K., Kanehisa H. & Fukunaga T. (2001). Effects of isometric training on the elasticity of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol.*, 91(1), 26–32.
- Lacour, J. R., Padilla-Magunacelaya, S., Barthèlèmy, J. C. & Dormois, D. (1990). The energetics of middle-distance running. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 60(1), 38–43. doi:10.1007/bf00572183.
- Leger, L. (1986). *The relationship between % VO<sub>2</sub>max and running performance time. Sport and elite performers.* Human Kinetics. (113-120).
- Losier, K., Zinner, C., Platt, S., Stöggl, T. & Holmberg, H. C. (2017). Factors that Influence the Performance of Elite Sprint Cross-Country Skiers. *Sports medicine* (Auckland, N.Z.), 47(2), 319–342. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0573-2>.

- Losnegard, T. (2019). Energy system contribution during competitive cross-country skiing. *Eur J Appl Physiol.*, 119(8),1675–1690. doi:10.1007/s00421-019-04158-x.
- Losnegard, T., Schäfer, D. & Hallén, J. (2014). Exercise economy in skiing and running. *Frontiers in physiology*, 5, 5. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00005>.
- Losnegard, T., Myklebust, H. & Hallén, J. (2012). Anaerobic capacity as a determinant of performance in sprint skiing. *Med Sci Sports Exerc.*, Apr;44(4), 673-681. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182388684.
- Losnegard, T., Myklebust, H., Skattebo, Ø., Stadheim, H.K., Sandbakk, Ø. & Hallén, J. (2017). The Influence of Pole Length on Performance, O<sub>2</sub> Cost, and Kinematics in Double Poling. *Int J Sports Physiol Perform.*, 12(2), 211–217. doi:10.1123/ijsp.2015-0754.
- Losnegard, T., Myklebust, H., Spencer, M. & Hallén, J. (2013). Seasonal variations in VO<sub>2</sub>max, O<sub>2</sub>-cost, O<sub>2</sub>-deficit, and performance in elite cross-country skiers. *J Strength Cond Res.*, 27(7), 1780–1790. doi:10.1519/JSC.0b013e31827368f6.
- Lucia Lucia, A., Hoyos, M., Pèrez, M., Santalla, A. & Chicharro, JL. (2002). Inverse relationship between VO<sub>2</sub>max and economy/efficiency in world-class cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, (34), 2079–2084.
- Mahood, N.V., Kenefick, R.W., Kertzer, R. & Quinn, T.J. (2001). Physiological determinants of cross-country ski racing performance. *Med Sci Sports Exerc.*, (33), 1379–1384.
- Marieb, N. & Hoehn, K. (2007). *Human anatomy and physiology*. Pearson Education Inc. int. edition, San Francisco US.
- McArdle, W., Katch, F. & Katch, V. (2015). *Exercise Physiology. Nutrition, energy and human performance*. Baltimore: Wolters Kluwer Health.
- McMillan K., Helgerud J., Macdonald R. & Hoff J. (2005). Physiological adaptations to soccer-specific endurance training in professional youth soccer players. *Br J Sports Med*. May; 39(5):273-7.
- Medbo, J. I., & Tabata, I. (1989). Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. *Journal of Applied Physiology*, 67(5), 1881-1886. <https://doi.org/10.1152/jappl.1989.67.5.1881>.
- Mikkola, J., Laaksonen, M., Holmberg, H.C., Vesterinen, V. & Nummela, A. (2010). Determinants of a simulated cross-country skiing sprint competition using V2 skating technique on roller skis. *J. Strength Cond. Res.*, 24(4), 920 – 928.

- Millet, G.P., Boissiere, D. & Candau, R. (2003) Energy cost of different skating techniques in cross-country skiing. *J Sports Sci.*, (21), 3–11.
- Millet, G.Y., Perrey, S., Candau, R., & Rouillon, J.D. (2002). Relationships between aerobic energy cost, performance and kinematic parameters in roller ski skating. *Int J Sports Med.*, (23), 191–195.
- Morgan, D.W., Bransford, D.R., Costill, D.L., Daniels, J.T., Howley, E.T. & Krahenbull, G.S. (1995). Variation in the aerobic demand of running among trained and untrained subjects. *Med. Sci. Sports Exerc.*, (27), 404–409.
- Nilsson, J. E., Holmberg, H. C., Tveit, P. & Hallén, J. (2004). Effects of 20-s and 180-s double poling interval training in cross-country skiers. *European journal of applied physiology*, 92(1-2), 121–127. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1042-4>.
- NSF. (2017a). Norges Skiforbund - Utviklingstrappa I langrenn. S. 36.
- NSF. (2017b, 6. januar). Stavlengder og soner. Hentet fra: <https://www.skiforbundet.no/oppland/nyhetsarkiv/2017/1/staking/>.
- Onasch, F., Killick, A. & Herzog, W. (2017). Is There an Optimal Pole Length for Double Poling in Cross Country Skiing?. *J Appl Biomech.*, 33(3), 197–202. doi:10.1123/jab.2016-0071.
- Pate, R.R. & Kriska, A. (1984). Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance. *Sports Med.*, 1(2), 87 – 98.
- Pollock, M.L. (1977). Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners. Part I: Cardiorespiratory aspects. *Ann N Y Acad Sci.*, (301), 310–22.
- Pugh, L. (1971). The influence of wind resistance in running and walking and the mechanical efficiency of work against horizontal or vertical forces. *J. Physiol.(Lond)*, (213), 255–276. doi: 10.1113/jphysiol.1971.sp009381.
- di Prampero, P. E. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.*, (90), 420 – 429.
- Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P. E., Rønnestad, B. R., & Wisnes, A. R. (2010). *Styrketrening – i teori og praksis*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS. s. 140.
- Sahlin, K., Harris, R.C. & Hultman E. (1979). Resynthesis of creatine phosphate in human muscle after exercise in relation to intramuscular pH and availability of oxygen. *Scand J Clin Lab Invest.*, 39(6), 551–558. doi:10.3109/00365517909108833.
- Saltin, B. (1997). The physiology of competitive cross country skiing across a four decade perspective: with a note on training induced adaptations and role of training at

medium altitude. In: *Science and Skiing* (eds E. Müller, H. Schwameder, E. Kornexl & C. Raschner), pp. 435-469. E & F.N. Spon, Cambridge.

- Saltin, B., Larsen, H., Terrados, N., Bangsbo, J., Bak, T., Kim, C. K., Svedenhag, J. & Rolf, C. J. (1995). Aerobic exercise capacity at sea level and at altitude in Kenyan boys, junior and senior runners compared with Scandinavian runners. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 5 (4): 209 – 221.
- Sandbakk, Ø., Ettema, G., & Holmberg, H.-C. (2012). Gender differences in endurance performance by elite cross-country skiers are influenced by the contribution from poling. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(1), 28–33. doi:10.1111/j.1600-0838.2012.01482.x.
- Sandbakk, O, Holmberg, H.C., Leirdal, S., & Ettema, G. (2011). The physiology of world-class sprint skiers. *Scand J Med Sci Sports.*, (21), e9–e16.
- Sandbakk, Ø. & Holmberg, H.C. (2014). A reappraisal of success factors for Olympic cross-country skiing. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 9(1), 117 – 121.
- Sandbakk, Ø. & Tønnessen, E. (2012). *Den norske langrennsboka*. Oslo: Aschehoug.
- Sandbakk, Ø., Sandbakk, S.B., Ettema, G. & Welde, B. (2013). Effects of intensity and duration in aerobic high-intensity interval training in highly trained junior cross-country skiers. *J Strength Cond Res.*, 27(7), 1974–1980.
- Saunders, P.U., Pyne, D.B., Telford, R.D., & Hawley, J.A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med.*, 34(7), 465–85.
- Scrimgeour, A.G., Noakes, T.D., Adams, B. & Myburgh, K. (1986). The influence of weekly training distance on fractional utilization of maximum aerobic capacity in marathon and ultramarathon runners. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 55(2), 202 – 209.
- Shoemaker J.K., Hodge L. & Hughson R.L. (1994). Cardiorespiratory kinetics and femoral artery blood velocity during dynamic knee extension exercise. *J Appl Physiol.*, (77), 2625–2632.
- Sidney, K.H. & R.J Shepard. (1977). Maximum testing of men and women in seventh, eighth, and ninth decades of life. *J Appl. Physiol.*, (43), 280-287.
- Støa, E.M., Rønnestad, B., Hansen, J., Ellefsen, S., Ingjer, F., Helgerud, J. & Støren, Ø. (2019). Running velocity at lactate threshold: determining factors and relationships in well-trained and elite runners. *Poster presentation at ECSS, Prague, CH. 2019*.
- Støa, E.M., Støren, Ø., Enoksen, E. & Ingjer, F. (2010). Percent utilization of VO<sub>2</sub>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.

- Støren, Ø. (2009). Running and cycling economy in athletes; determining factors, training interventions and testing. (Doktorgradsavhandling), *Medisinsk fakultet, Norges teknisknaturvitenskapelige universitet – NTNU, Trondheim.*
- Støren, Ø., Bratland-Sanda, S., Haave, M., & Helgerud, J. (2012). Improved VO<sub>2</sub>max and Time Trial Performance With More High Aerobic Intensity Interval Training and Reduced Training Volume. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2705–2711.
- Støren, Ø., Helgerud, J., Støa, E.M., & Hoff, J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Med Sci Sports Exerc.*, (40), 1087–1092.
- Støren, Ø., Rønnestad, B.R., Sunde, A., Hansen, J., Ellefsen, S. & Helgerud, J. (2014). A time-saving method to assess power output at lactate threshold in well- trained and elite cyclists. *J. Strength Cond. Res.*, 28(3), 622 – 629.
- Støren, Ø., Ulevåg, K., Larsen, M.H., Støa, E.M. & Helgerud, J. (2013). Physiological determinants of the cycling time trial. *J. Strength Cond. Res.*, 27(9), 2366 – 2373.
- Sunde, A., Johansen, J.M., Gjøra, M., Paulsen, G., Bråten, M., Helgerud, J. & Støren, Ø. (2019). Stronger Is Better: The Impact of Upper Body Strength in Double Poling Performance. *Front Physiol.* 10(1091), 1-11. doi:10.3389/fphys.2019.01091.
- Sunde, A., Støren, Ø., Bjerkaas, M., Larsen, M.H., Hoff, J., & Helgerud, J. (2010). Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 2157–2165. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb16a>.
- Svedenhag, J. (2001) *Running economy. Running & science*, Institut for Idræt og Ernæring, Københavns Universitet, Munksgaard, København. s. 85-107.
- Taylor, A. W., & Johnson, M. J. (2008). *Physiology of exercise and healthy aging.* (J. Patterson Wright, E. H. Mustain, & M. McCasky, Red.) Human Kinetics. S. 4-21
- Tjelta, L.I, Tjelta, A.R & Dyrstad, S.M. (2012). Relationship between Velocity at Anaerobic Threshold and Factors Affecting Velocity at Anaerobic Threshold in Elite Distance Runners. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 24(1), 8-17.
- Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(1), 1–11. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131010-00001>.
- Tønnessen, E., Sylta, Ø., Haugen, T.A., Hem, E., Svendsen, I.S., & Seiler, S. (2014). The road to gold: Training and peaking characteristics in the year prior to a gold

medal endurance performance. *PLoS ONE*, 9(7), 15-17

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101796>.

- Vesterinen, V., Mikkola, J., Nummela, A., Hynynen, E. & Häkkinen, K. (2009). Fatigue in a simulated cross-country skiing sprint competition. *J. Sports Sci.*, 27(10), 1069 – 1077.
- Zhou, B., Conlee, R.K., Jensen, R., Fellingham, G.W., George, J.D. & Fisher, A.G. (2001). Stroke volume does not plateau during graded exercise in elite male distance runners. *Med. Sci. Sports Exerc.*, (33), 1849–1854.
- Østerås, H., Helgerud, J., & Hoff, J. (2002). Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 88(3), 255–263.  
<https://doi.org/10.1007/s00421-002-0717-y>.
- Åstrand, P.O. (1952). *Experimental Studies of Physical Working Capacity in Relation to Sex and Age*. Copenhagen: Ejnar Munksgaard.
- Åstrand, P.O., Rodahl, K., Dahl, H.A. & Strømme, S.B. (2003). *Textbook of Work Physiology; Physiological Bases of Exercise*. 4th ed. Champaign, IL, USA: Human Kinetics. S. 263-264.

## Vedlegg 1 – Forespørsel om deltakelse

FORESPØRSEL OM DELTAKELSE I FORSKNINGSPROSJEKTET

# “THE IMPACT OF AGE, GENES, TRAINING AND HISTORY OF TICKBOURNE DISEASE ON ENDURANCE PERFORMANCE IN ENDURANCE ATHLETES “

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt for å undersøke effekten av alder, gener og treningsintensitet på utholdenhetsprestasjon og utholdenhetsreningsadaptasjon hos utholdenhetsutøvere fra 16 – 50 år. Siden du er aktiv langrennsløper ønsker vi å inkludere deg.

Det er gjort flere studier på hvilke fysiologiske faktorer som er med å påvirke prestasjon i langrenn, både ved HSN og ved andre institusjoner. Få av disse studiene har sammenlignet effekten av alder, gener og treningsintensitet på langrennsprestasjon og treningsadaptasjon hos veltrente langrennsløpere. Vi ønsker derfor å kartlegge sammenhenger mellom fysiologiske tester (som maksimalt oksygenopptak, arbeidsøkonomi, laktatterskel, maksimal styrke osv), alder, et utvalg gener, exosomer (exosomer er små blærelignende vesikler med verdifullt innhold som slippes ut i blodet etter trening, som har en sentral rolle i de tilpasningene som skjer i kroppen etter trening), treningsvaner og langrennsprestasjon. I tillegg ønsker vi å undersøke eventuelle forandringer i faktorene nevnt over, under en 6-måneders treningsperiode ved å registrere normal trening, ved testing før, midtveis (3 måneder) og etter perioden. Undersøkelser av genetiske variasjoner i forhold til treningsrespons, med blick på treningsintensitet, treningsvolum osv., vil også bli gjort. Virksomheten som er ansvarlig for prosjektet er Høyskolen i Sørøst-Norge (HSN).

### HVA INNEBÆRER PROSJEKTET?

Deltakelse i prosjektet innebærer at du skal testes for et utvalg fysiologiske kapasiteter, samt at forskningspersonell får innsyn i treningsdagbøker. Forskningsprosjektet er todelt, og ved å skrive under på samtykke på de siste sidene gir det deg mulighet til å delta på en eller begge delene av prosjektet. Hvis du ønsker deltakelse kun på en testrunde, innebærer deltakelse kun gjennomføring av testene beskrevet under, og registrering av treningsvaner. Hvis du derimot ønsker å være med på oppfølgingsdelen av studien, innebærer det tre runder med testene beskrevet under, i løpet av en 6 måneders periode, samt at forskningspersonell får innblikk i treningsvaner gjennom perioden. De fysiologiske testene, for hver testrunde, er spredt over to dager, og fordeler seg slik:

Dag 1:

- Mål av høyde og vekt, samt registrering av treningsdata fra forrige treningsår



- Blodprøve for gen- og exosomanalyse (mer spesifisert senere)
- Test av spenst
- Test av maksimalt oksygenopptak ved løping, umiddelbart etterfulgt av ny blodprøve for gen- og exosomanalyser
- Testløp på rulleski 5,5 km staking
- **Total tidsbruk:** 3 ½ time

Dag 2:

- Arbeidsøkonomi, laktatterskel og maksimalt oksygenopptak i staking
- Blodprøve for gen- og exosomanalyser
- Maksimal styrke i knebøy, umiddelbart etterfulgt av ny blodprøve for gen- og exosomanalyser
- Maksimal styrke i nedtrekk
- **Total tidsbruk:** 3 ½ time

De fysiologiske testene vil ikke bli gjennomført direkte etter hverandre, men med gode pauser imellom. Tester og testrekkefølge er identisk ved alle tre testrunder. Det tas forbehold om at den totale tidsbruken pr. utøver kan bli noe lengre, hvis det er større grupper som testes samme dag.

Det settes krav om at du fyller ut et egenerklæringsskjema for helse før testing. Dette er et enkelt skjema, som tar kort tid å fylle ut. Dette skjemaet vil bli tilsendt i forkant av testdagene ved eventuelt samtykke.

Opplysningene som blir innhentet her blir kun brukt til vurdering av helsesituasjon, i forbindelse med testing av fysiologiske kapasiteter. Det settes også krav om at du registrerer trening før første test, og underveis i perioden, gitt at du ønsker å være med i oppfølgingsdelen. I tillegg må trening gjennomføres ved bruk av pulsklokke. HSN har pulsklokker til utlån om du ikke har selv.

I prosjektet ønsker vi også å undersøke eventuell historie for flåttbåren sykdom hos utholdenhetsutøvere. Blodprøvene som innhentes vil også brukes til dette, for å undersøke om langrennsløpere, som tilbringer store deler av sin daglige trening på sommerhalvåret i skog og mark, er mer disponert for flåttbårne sykdommer og om dette gir periodevis prestasjonsfall for utøvere. Ved å skrive under samtykke på de siste sidene, samtykker du samtidig at blodprøvene kan brukes til dette formålet.

## MULIGE FORDELER OG ULEMPER VED DELTAKELSE

Fordeler ved deltakelse:

Ved deltakelse, uavhengig av deltakelse på en eller flere testrunder, vil du få testresultater verdt flere tusen kroner, gratis. Dette kan være motiverende og lærerikt for deg, spesielt med tanke på videre trening og treningsplanlegging. Hele prosessen ved å teste og være sammen med forskningspersonell med

fagkompetanse, kan øke kunnskapen din om kroppen, trening og langrenn. En annen fordel ved deltakelse, kun en testrunde, er at testing foregår i en kort periode. Du vil testes kun de to dagene som er beskrevet, og deretter er du ferdig med deltakelsen. Fordelen ved å delta på oppfølgingsdelen er at du vil testes to ganger til i de samme testene i løpet av 6 måneder. Dette kan gi deg informasjon om treningen du gjennomfører gir resultater, og du kan kontrollere for progresjon. Vi vil også gjennomføre nær oppfølging i forhold til

treningsregistrering gjennom perioden, som gir deg mulighet til å diskutere trening med fagpersoner. Forskning på gener og exosomer, spesielt hos aktive idrettsutøvere, og relasjon til utholdenhetsprestasjon er svært begrenset. Din deltakelse kan derfor føre til ny og interessant kunnskap om dette tema, og dets relevans til menneskelig prestasjonsevne.

Ulemper ved deltakelse:

Selv om testingen gjennomføres på kun to dager i hver testrunde, er vi avhengig av at du setter av tid disse to dagene. Det vil også gå med noe tid i forhold til treningsregistrering. Dette kan være utfordrende i en travel hverdag. Enkelte av de fysiologiske testene kan kreve maksimal innsats (f. eks. maksimalt oksygenopptak), som kan føles ubehagelig. Vi kan heller ikke garantere at det kan oppstå alminnelige skader i forbindelse med testing. Det har imidlertid vært gjennomført utallige tester, både i forbindelse med forskningsprosjekter og annet ved testlaboratoriet ved HSN, og ingen alvorlige hendelser har forekommet. Det vil også bli tatt blodprøver, noe enkelte kan føle ubehagelig.

### FRIVILLIG DELTAKELSE OG MULIGHET FOR Å TREKKE SITT SAMTYKKE

Det er frivillig å delta i prosjektet. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke. Dersom du trekker deg fra prosjektet, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og resultater, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner. Dersom du senere ønsker å trekke deg eller har spørsmål til prosjektet, kan du kontakte stipendiat Jan – Michael Johansen (tlf: 91748374; e-post: [janmichael.johansen@usn.no](mailto:janmichael.johansen@usn.no)).

### HVA SKJER MED INFORMASJONEN OM DEG?

Informasjonen som registreres om deg (testresultater, blodprøveresultater osv.) skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Du har rett til innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg og rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene som er registrert.

Alle test- og prøveresultater vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjennende opplysninger. En kode knytter deg til dine opplysninger gjennom en navneliste.

Prosjektleder har ansvar for den daglige driften av forskningsprosjektet og at opplysninger om deg blir behandlet på en sikker måte. Informasjon om deg vil bli anonymisert etter prosjektslutt.

### HVA SKJER MED PRØVER SOM BLIR TATT AV DEG?

Testresultater fra fysiologiske tester ved fysiologisk testlaboratorium, blir lagret på passordbeskyttet PC. Blodprøvene som tas av deg skal oppbevares i en forskningsbiobank. Denne biobanken heter «Exercise genomics», og denne er lokalisert ved HSN i Bø.

Ansvarshavende for denne biobanken er førsteamanuensis ved HSN, Mona Sæbø.

Biobanken opphører ikke etter prosjektslutt. Koden som knytter deg til dine opplysninger vil etter prosjektslutt bli destruert, hvor resultatene deretter kun vil bli lagret anonymisert. Det vil derfor ikke være mulig å identifisere deg i relasjon til opplysningene som er hentet inn.

Det vil ikke gis tilbakemelding om eventuell flåttbåren sykdom til deg, med mindre det er mistanke om aktiv flåttsykdom.

## GENETISKE UNDERSØKELSER

### HVA SLAGS INFORMASJON KAN DE GENETISKE UNDERSØKELSENE I PROSJEKTET GI?

Vi ønsker å ta blodprøver for å analysere enkeltgener og exosomer hos veltrente langrennsløpere. Vi ønsker å isolere DNA fra de hvite blodcellene, for deretter å gjennomføre analyser på det. Vi ønsker kun å se etter kjente genetiske variasjoner i gener som kan være relevante for treningsrespons. Det vil ikke hentes ut annen informasjon fra DNA enn dette. I tillegg ønsker vi, som sagt, å undersøke exosomer. Disse isolerer vi fra blodplasma ved hjelp av en ultrasentrifuge-metode. Vi skal se på mengde og type exosomer i blodet, samt innholdet i exosomene.

Det vil ikke gis tilbakemelding om genetiske funn til den enkelte deltaker.

I datamaterialet som vi innhenter om deg, vil du bli koblet til dine resultater via en identifiseringskode. Selv om vi ikke noterer navn og fødselsnummer, er DNA så unikt at det i teorien ikke kan sies å være anonymt. Det betyr at det, i teorien, kan være mulig å reidentifisere resultatene dine.

### FORSIKRING

HSN har en egen spesialforsikring via Gjensidige som gjelder eventuelle personskader ved trening og testing på laboratoriet.

### GODKJENNING

Prosjektet er godkjent av Regional komite for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk.

### SAMTYKKE TIL DELTAKELSE I PROSJEKTET

### JEG ER VILLIG TIL Å DELTA I PROSJEKTET

---

Sted og dato

Deltakers signatur

---

Deltakers navn med trykte bokstaver

Hvis du er under 18 år, trenger vi underskrift fra foresatte om samtykke for deltakelse i prosjektet.

Som foresatte til \_\_\_\_\_ (Fullt navn) samtykker vi til at hun/han kan delta i prosjektet

---

Sted og dato

Foresattes signatur

---

Foresattes navn med trykte bokstaver

---

Sted og dato

Foresattes signatur

---

Foresattes navn med trykte bokstaver

Jeg bekrefter med dette også at mine resultater kan brukes ved senere prosjekter ved HSN

---

Sted og dato

Signatur

## Vedlegg 2 – Egenerklæring

### Egenerklæring ved testing på Idrettsfysiologisk testlab, HSN Bø

Navn : .....

Adresse : .....

Tlf : .....

Tlf pårørende : .....

Alder :..... Vekt: ..... Høyde:.....

Forevist legeerklæring (over 40 år) Ja  Nei

Forevist tillatelse fra foresatte (under 18 år) Ja  Nei

Karakterisering av egen treningstilstand:

Utrent  Mosjonist  Konkurransetøver  Toppidrettsutøver

Ja Nei

Har du eller har du hatt hjertesykdom?

Har du eller har du hatt diabetes (type I/ type II)?

Har noen i din nærmeste familie hatt  
hjertesykdom/ blodpropp/slag før fylte 50 år?

Opplever du smerter i brystet i forbindelse med  
fysisk aktivitet?

Har du besvimt i forbindelse med fysisk aktivitet?

Røyker du?

Bruker du snus?

Har du eller har du hatt luftveis-/halsinfeksjon siste uke?

Bruker du medisiner fast?

I så fall, mot hva? \_\_\_\_\_

Jeg er klar over at jeg tester meg på eget ansvar, og har svart ærlig og samvittighetsfullt på ovenstående spørsmål

Sted:..... Dato:.....

Underskrift:..... Evt underskrift foresatte:.....|

## Vedlegg 3 – Komplettestprotokoll

Her er en detaljert beskrivelse av resterende tester som ikke er beskrevet i metode del, men som ble utført sammen med testene beskrevet i metodedelen.

### **VO<sub>2max</sub> løping**

Ble utført på en tredemølle av typen Woodway PPS55-treadmill (Waukesha, WI, USA) hvor Cortex MetaLyzer II (Cortex Biophysik GmbH, Leipzig, Germany) ble brukt til å måle VO<sub>2</sub>. VO<sub>2</sub> målinger ble gjort hvert tiende sekund. Før testing ble det utført en ti minutters selvstyrt oppvarming. Testen startet på seks prosent stigning og økte med en prosent hvert 30 sekund opp til åtte prosent stigning i løpet av det første minuttet. Utgangshastigheten var mellom 8-12 km·t<sup>-1</sup> avhengig av testpersonens estimerte nivå og økte med 0.5 km·t<sup>-1</sup> hvert 30 sekund. Økning av km·t<sup>-1</sup> skjedde først etter testens første gjennomførte minutt.

For en godkjent VO<sub>2max</sub> test var det følgende kriterier: RER > 1.05, 3-5 slag under maksimal hjerterefrekvens, utflating / dupp av O<sub>2</sub>-kurven, borgs skala > 16, laktat > 8 mmol·L<sup>-1</sup>

Etter endt test informerte deltaker om en utmattelsesgrad på Borgs skala (1-20) hvor 1 er lavest og 20 høyest i utmattelsesgrad. Laktat ble målt ved bruk av Lactate Scout+ (Senslab, EKF Diagnostics, Germany) og høyeste hjerterefrekvens målt via deltakerens egen pulsklokke. Testpersonen kunne selv stoppe testen til enhver tid.

### **Prestasjonstest på rulleski utendørs**

Før prestasjonstest ble det gjennomført en 15 minutters egenstyrt oppvarming. Deltakerne stilte med eget utstyr, hvor det var krav til bruk av Swenor 2-er hjul eller tilsvarende. Ved ulikt utstyr ble en rulletest utført for testing av rullestand. Det var ingen krav til stavlengde.

Det ble gjennomført som intervallstart i tilfeldig rekkefølge hvor det var 30 sekunders startintervall mellom deltakerne. Det ble opplyst om at det ikke var lov til å legge seg i ryggen til en av de andre deltakerne underveis i løpet. Løypeprofilen var kupert terreng, hvor en runde utgjorde 940 meter. Denne ble gjennomført seks ganger som totalt utgjorde en lengde på 5.64 km. Hele testen skulle gjennomføres som staking, så fort som mulig.

Rundetider og testens totale varighet ble målt med stoppeklokke med rundefunksjon.

Maksimal hjerterefrekvens ble registrert fra deltakernes egne pulsklokker.

Dag 2

### **VO<sub>2peak</sub> staking / Tid-til-utmattelse (T<sub>tu</sub>)**

Etter LT / C<sub>dp</sub> testen ble det gått i frivillig intensitet i minimum fem minutter før påfølgende test på samme tredemølle. Det ble fremdeles benyttet egne staver og sko, men alle benyttet samme par rullski (Swenor Fiberglass cap Classic). Testen hadde en utgangshastighet på 7 km·t<sup>-1</sup> og en fast stigning på seks prosent gjennom hele testen. Hastigheten økte deretter med 1 km·t<sup>-1</sup> for hvert minutt, og fortsatte til testperson var utmattet / stoppet test. De tre høyeste sammenhengende VO<sub>2</sub> verdiene ble brukt for estimering av VO<sub>2peak</sub>. Det ble også registrert laktat, borgs-skala, RER<sub>peak</sub> og HF<sub>peak</sub>. Samme kriterier som for VO<sub>2max</sub> ble benyttet for godkjenning av test.

I denne testen ble deltakerne sikret med en sikkerhetssele rundt kroppen. Denne fungerte slik at den var festet via taket gjennom et snorsystem slik at en ansvarlig person under test kunne dra i denne og sikre deltaker på tredemøllen.

### **1RM knebøy (90° mellom legg-lår)**

Denne testen startet med en oppvarmingsprotokoll med fire sett. Det ble utført hhv. 10, 5, 3 og 2 repetisjoner i skrevet rekkefølge, med en belastnings tilsvarende ca. 50 %, 60 %, 70 % og 80 % av estimert 1RM i skrevet rekkefølge. Mellom hvert oppvarmings- og 1RM forsøk var det tre minutters pause. Testen ble utført i et smith-apparat av typen Precor smith-machine (Precore, Woodinville, WA, USA). Testpersonene hadde minst 60 minutters hvile fra forrige test til start av denne testen. Før testen startet ble det gjort målinger av dybde for at deltaker skulle ha tilnærmet 90° mellom legg og lårben i hvert løft. Deretter fikk deltaker mulighet til å finne ønsket posisjon i apparatur. Det ble deretter merket opp avstand fra et gitt merke til tuppen av stortå som anga plassering av foten.

1RM ble estimert fra deltakers erfaring til pre og i påfølgende tester sammen med forrige testresultat.

Det ble informert om at det skulle løftes med maksimal kraft på alle belastninger og repetisjoner da det ble målt Effekt (Watt) (W) underveis. Til målingen av W ble det brukt MuscleLab v. 2 (Ergotest Technology, Langesund, Norway). Den høyeste W målingen ble registrert som resultat. Siden Effekt (Watt) = kraft x vei / tid er det viktig at alle repetisjoner ble utført med maksimal innsats (Raastad et al. 2010), og deltakerne ble derfor informert om dette både før og underveis.

Etter oppvarmingen var det en progressiv økning på ca. 2.5 – 5 kg. til 1RM var nådd og det ble utført kun ett løft for hvert 1RM forsøk. Deltaker ble sikret av to personer på hver side av stangen under testing av 1RM.