

Kandidatnummer: 10049 og 10039

## **Terrengspesifikke intensitetssoner ved langrennspigging.**

Terrain specific intensity zones during Nordic cross-country sit skiing.

### **Bacheloroppgave i Fysioterapi**

Januar 2020

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for medisin og helsevitenskap  
Institutt for nevromedisin og bevegelsesvitenskap



## SAMMENDRAG

**Tittel:** Terrengspesifikke intensitetssoner ved langrennspigging.

**Hensikt:**

- 1) Er det forskjell i intensitetssonene mellom stående og sittende staking?
- 2) Er det forskjell i intensitetssonene i motbakke sammenlignet med flatt under sittende staking?

**Metode:** Elleve funksjonsfriske mannlige langrennsløpere ble rekruttert ( $25,5 \pm 3,7$  år,  $78 \pm 6,1$  kg,  $183,6 \pm 5,5$  cm,  $73,0 \pm 3,2$  ml·kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>). Måling av maksimalt oksygenopptak, hjertefrekvens, blodlaktat, respiratorisk utvekslingsforhold og opplevd anstrengelse med Borgsskala foregikk ved sittende staking på rulleskimølle. Protokollen besto av to serier, 1. serie flatt (0.5% stigning) og 2. serie motbakke (5% stigning). En serie bestod av fire submaksimale drag (<85% HR<sub>maks</sub>) á 4 min og 3 min pause mellom hvert drag, en inkrementelltest med økning i hastighet hvert minutt og en avsluttende verifikasjonstest i maksimal hastighet.

**Resultat:** Det er en forskjell i intensitetssonene mellom sittende og stående staking. %HR<sub>peak</sub> og %VO<sub>2peak</sub> skifter fra lav til moderat intensitet ved lavere verdier i sittende staking sammenlignet med stående staking gitt ved intensitetsskalaen til Olympiatoppen (OLT). Forsøkspersonene nådde ikke sin maks %VO<sub>2peak</sub> i sittende staking (85-90%) på høy intensitet sammenlignet med stående 100% VO<sub>2peak</sub> i OLT-skala. BLa var høyere under lav og moderat intensitet ved sittende staking enn ved stående staking. Statistisk analyse ved parett-test ga ingen signifikant forskjell (p>0.05) mellom sittende staking i flatt versus motbakke. BLa var imidlertid signifikant høyere ved samme BORG verdi under sittende staking i motbakke sammenlignet med flatt.

**Konklusjon:** Denne studien indikerer at det er forskjellige intensitetssoner ved langrennspigging (sittende staking) sammenlignet med stående staking. Det synes derfor å være behov for å utvikle en egen teknisk- og treningsspesifikk intensitessonefordeling for langrennspigging.

## ABSTRACT

**Title:** Terrain specific intensity zones during Nordic cross-country sit skiing.

**Aim:**

1. Is there any difference in intensity zones between standing versus sitting double-poling?
2. Is there a difference in the intensity zones in uphill terrain as compared to the flat terrain during a seated double-poling?

**Method:** Eleven healthy male cross-country skiers were recruited ( $25.5 \pm 3.7$  years,  $78 \pm 6.1$  kg,  $183.6 \pm 5.5$  cm,  $73.0 \pm 3.2$  ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>). Measurement of maximum oxygen uptake, heart rate, blood lactate, respiratory exchange ratio and rate of perceived exertion with Borg scale was performed when sitting on a roller skating mill. The protocol consisted of two series, 1st series flat (0.5% incline) and 2nd series uphill (5% incline). One series consisted of four submaximal moves (<85% HR<sub>max</sub>) of 4 min and 3 min intervals between each move, one incremental test with increase in speed every minute and a final verification test in maximum speed.

**Results:** There is a difference in the intensity zones between sitting and standing double-poling (DP). % HR<sub>peak</sub> and % VO<sub>2peak</sub> switch from low to moderate intensity at lower values in sitting strikes compared to standing strikes given at the intensity scale of the Olympics (OCT). Participants did not reach their maximum % VO<sub>2peak</sub> in high intensity sitting strike (85-90%) compared to standing 100% VO<sub>2peak</sub> on the OCT scale. BL<sub>a</sub> was higher under low and moderate intensity in sitting strikes than in standing strikes. Statistical analysis by paired sample t-test showed no significant difference ( $p > 0.05$ ) between flat versus counter-seated strike. BL<sub>a</sub>, however, was significantly higher at the same BORG value during a sit-back counter strike compared to flat.

**Conclusion:** This study indicates that there are different intensity zones in sitting strike compared to standing strike. Therefore, there seems to be a need to develop a separate technical- and training-specific intensity zone distribution for a sitting strike.

## Innholdsfortegnelse

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Sammendrag .....</b>                               | <b>2</b>  |
| <b>Abstract .....</b>                                 | <b>3</b>  |
| <b>1.0 Innledning .....</b>                           | <b>7</b>  |
| 1.1 Hensikt.....                                      | 8         |
| 1.2 Problemstilling.....                              | 8         |
| <b>2.0 Teori.....</b>                                 | <b>9</b>  |
| 2.1 Determinanter for utholdenhetsøvelser .....       | 9         |
| 2.1.1 Maksimalt oksygenopptak.....                    | 9         |
| 2.1.1.1 <i>Utnyttelsesgrad</i> .....                  | 10        |
| 2.1.2 Blodlaktat .....                                | 10        |
| 2.1.3 Arbeidsøkonomi .....                            | 11        |
| 2.2 Staking – bevegelse og muskelbruk .....           | 12        |
| 2.2.1 Sittende staking .....                          | 12        |
| 2.2.2 Betingelser for staking .....                   | 13        |
| 2.2.3 Staking i motbakke.....                         | 14        |
| 2.3 Intensitetssoner .....                            | 15        |
| 2.4 Oppsummering .....                                | 16        |
| <b>3.0 Metode .....</b>                               | <b>18</b> |
| 3.1 Utvalg .....                                      | 18        |
| 3.1.1 Rekruttering.....                               | 18        |
| 3.2 Eksperimentelt design.....                        | 19        |
| 3.2.1 Måleinstrumenter .....                          | 19        |
| 3.3 Testprotokoll.....                                | 20        |
| 3.4 Dataanalyse.....                                  | 21        |
| <b>4.0 Resultat.....</b>                              | <b>22</b> |
| 4.1 Forskjell i intensitetssoner .....                | 22        |
| 4.2 Motbakke versus flatt .....                       | 23        |
| <b>5.0 Diskusjon.....</b>                             | <b>24</b> |
| 5.1 Forskjell mellom stående og sittende staking..... | 24        |
| 5.2 Forskjell mellom flatt og motbakke.....           | 26        |

|            |                                      |           |
|------------|--------------------------------------|-----------|
| 5.3        | Behov for nye intensitetssoner?..... | 27        |
| 5.4        | Begrensninger ved prosjektet .....   | 29        |
| 5.5        | Forslag til videre forskning.....    | 29        |
| 5.6        | Betydning for praksis.....           | 31        |
| <b>6.0</b> | <b>Konklusjon.....</b>               | <b>31</b> |
| <b>7.0</b> | <b>Litteraturliste.....</b>          | <b>33</b> |
|            | <b>Vedlegg I.....</b>                | <b>41</b> |
|            | <b>Vedlegg II.....</b>               | <b>42</b> |
|            | <b>Vedlegg III .....</b>             | <b>43</b> |

## ORDFORKLARINGER

---

| <b>Forkortelser</b>       | <b>Betegnelser</b>                      |
|---------------------------|---|
| <b>OLT</b>                | Olympiatoppen                           |
| <b>VO<sub>2</sub></b>     | Oksygenopptaket                         |
| <b>VO<sub>2maks</sub></b> | Det maksimale oksygenopptaket           |
| <b>VO<sub>2peak</sub></b> | Høyest oppnådd oksygenopptak under test |
| <b>HR</b>                 | Hjertefrekvens                          |
| <b>HR<sub>maks</sub></b>  | Den maksimale hjertefrekvens            |
| <b>RPE</b>                | Opplevd anstrengelse (6-20)             |
| <b>RER</b>                | Respiratorisk utvekslingskvotient       |
| <b>Sub</b>                | Submaksimale drag                       |

---

## 1.0 INNLEDNING

Langrenn er en typisk utholdenhetsidrett hvor det legges ned mange treningstimer per år (Hoffman & Clifford, 1992; Rusko, 2003; Sandbakk, 2017). Som tradisjonell langrenn har langrenn for personer med en funksjonsnedsettelse utviklet seg til å bli en del av paralympiske vinterleker (Gastaldi, Pastorelli, & Frassinelli, 2012). Para-langrenn ble først introdusert i 1976 under paralympiske vinterleker i Sverige før langrennspigging ble inkludert i 1988 i Østeriket (Gastaldi et al., 2012). Personer som er forhindret i å konkurrere i stående posisjon, tar i bruk en piggekjelke montert på to tradisjonelle langrennsski. Under internasjonale konkurranser klassifiseres utøvere i fem ulike klasser etter deres individuelle funksjon, hvor det videre konkurreres i seks ulike grener fra 1 til 15 km (International Paralympic Committee handbook, 2007).

Langrennspiggere tar kun i bruk staketeknikk og skaper fremdrift ved utelukkende bruk av overkroppsmuskulatur, samt to staver i symmetrisk bevegelse (Gastaldi et al., 2012). En rekke forskning er blitt publisert med fokus på prestasjon og evaluering av fysiologiske og biomekaniske aspekter ved stående langrennsstaking. Denne forskningen postulerer at stående staking krever god overkroppskapasitet, hvorav langrennsspesifikk kondisjon er en viktig forutsetning for langrennsprestasjon (Mahood, Kenefick, Kertzer & Quinn, 2001). Hoffman, Clifford, Foley og Brice (1990) undersøkte fysiologiske variabler ved to ulike hastigheter på rulleski. Til tross for at alle teknikkene produserte lik ventilasjon, blodlaktatkonsentrasjon og "rate of perceived exertion" (RPE), rapporterte Hoffman et al. (1990) at hjertefrekvensen varierte med teknikk. Derfor kan det være vesentlig for utøvere å ta i bruk teknikkspesifikk intensitetsregulering under langrennstrening (Hoffman et al., 1990). Anbefalingen får støtte i Larson (2006) som testet hjertefrekvensens (HR) respons på laktatterskelen ved ulike typer tredemølltrening. Studien rapporterte en signifikant lavere HR under arbeid på laktatterskel ved langrennsstaking sammenlignet med langrennsskøyting og løping (Larson, 2006). Ved sammenligning av høyest registrerte måling der deltakerne nådde laktatterskel, nådde staking høyere blodlaktatkonsentrasjoner ved lavere HR. I både stående og sittende langrenn er HR ofte brukt for å kontrollere treningsintensiteten. Funn som dette kan være viktig for både trenere og utøvere slik at trening kan planlegges og gjennomføres med rett intensitet.

På grunn av en begrenset mengde aktiv muskelmasse oppnås sjeldent VO<sub>2</sub>maks ved testing av individer med ulike funksjonsnedsettelser i overkroppen (Hopman, Verheijen & Binkhorst, 1993; Theisen, 2012; Thijssen, Steendijk & Hopman, 2009; Binkhorst, Oeseburg

& Hopman, 1992; Shephard, Bouhlef, Vandewalle & Monod, 1988). Sammenlignet med underkroppsovelser er  $VO_{2peak}$  20-30% lavere under overkroppsovelser hos funksjonsfriske deltakere (Pendergast, Cerretelli & Rennie, 1979; Reybrouck, Heigenhauser & Faulkner, 1975). Årsaken til dette skyldes at det kardiorespiratoriske systemet ikke utnyttes fullt fordi mengden aktiv muskelmasse begrenser lokal blodstrøm som videre skaper lokal muskeltretthet (Arena, Myers, Williams, Gulati, Kligfield, Balady & Fletcher, 2007). LaRoche, Amann og Rundell (2010) studerte variansen av HR under ulikt terreng ved staking. Resultatet viste en økning av laktat ved lavere HR under staking i motbakke og  $VO_{2maks}$ -testen at både  $\%VO_{2peak}$  og  $\%HR_{peak}$  var lavere ved staking sammenlignet med skøyting. Med utgangspunkt i dette antar vi at det vil være aktuelt med intensitetssoner både terreng- og teknikkspesifikke for sittende staking.

### **1.1 Hensikt**

Undersøke hvorvidt sittende staking skiller seg fra stående staking i henhold til oksygenopptak ( $\%VO_{2peak}$ ), hjerterefrekvens ( $\%HR_{peak}$ ), Rate of perceived exertion (RPE) og blodlaktatverdier (BLa) både i flatt og i motbakke. Videre søker denne kvantitative RCT-studien å avdekke om det er behov for en ny intensitetszoneinndeling spesifikk for isolert overkroppstrening ved sittende staking, og hvis dette er tilfellet; postulere et forslag til ny inndeling.

### **1.2 Problemstilling**

1. Er det forskjell i intensitetssonene mellom stående og sittende staking?
2. Er det forskjell i intensitetssonene i motbakke sammenlignet med flatt under sittende staking?



## 2.0 TEORI

### 2.1 Determinanter for utholdenhetsøvelser

I utholdenhetsidretter er det tre faktorer avgjørende for prestasjon hos utøveren: 1) maksimal evne til å ta opp og omsette oksygen ( $VO_{2maks}$ ), 2) hvor stor andel av  $VO_{2maks}$  som utnyttes (arbeidsøkonomi), 3) i tillegg til den anaerobe terskel.

#### 2.1.1 Maksimalt oksygenopptak

Maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ) er en indikator på menneskets maksimale evne til å levere og utnytte energi aerobisk under dynamisk trening som involverer store muskelgrupper, og måles i milliliter oksygen per minutt, per kilogram kroppsvekt (McArdle, Katch & Katch, 2010; Coyle, 1999; Hallèn, 2004; Ingjer, 1991). Avgjørende for  $VO_{2maks}$  er individets kroppssammensetning, organismens transportkapasitet (Hjertefrekvens ( $HR$ )<sub>maks</sub>, hjertets slagvolum og minuttvolum, og lungeventilasjonen), samt evnen skjelettmuskulaturen har til å ta opp og forbruke oksygen (McArdle et al., 2010; Østerås & Stensdotter, 2011). Minuttvolumet er tilsvarende slagvolumet ganger pulsen, hvorav hjertets maksimale minuttvolum er en vesentlig variabel for  $VO_{2maks}$  (Helgerud, Høydal, Wang, Karlsen, Berg, Bjerkaas, Simonsen, Helgesen, Hjort, Bach & Hoff, 2007; Wasserman, Hansen, Sue, Stringer & Whipp, 2005).

Under maksimalt arbeid tilnærmet  $VO_{2maks}$ , er kroppen avhengig av stor tilførsel av oksygen til arbeidende muskulatur. Oksygenopptaket avgjøres og begrenses av ulike faktorer som hjertets pumpekapasitet, gassutvekslingen i lungene, oksygentransporten i blodet og de arbeidende musklens evne til å omsette oksygenet til videre energiomsetning (Larsen & Sheel, 2015). Når personer med ulike funksjonsnedsettelse gjennomfører utholdenhetstester i overkroppen, er det sjeldent deltakerne når  $VO_{2maks}$  grunnet testing med en begrenset mengde aktiv muskelmasse og videre funksjons-spesifikke begrensninger (Hopman et al., 1993; Theisen, 2012; Thijssen et al., 2009; Binkhorst et al., 1992; Shephard et al., 1988; Marais, Dupont, Maillet, Weissland, Vanvelcenaher & Pelayo, 2002). Derfor tar denne oppgaven utgangspunkt i “peak oxygen uptake” ( $VO_{2peak}$ ) som refererer til det høyeste oksygenopptaket under trening til utmattelse (Arena et al., 2007).

Høy  $VO_{2maks}$  fremmes som nødvendig for eliteutøvere i utholdenhetsidretter, likevel er dette ingen garanti for suksess i skisporet. Det er avgjørende at utøveren er i stand til å anvende en stor andel  $VO_{2maks}$  gjennom konkurransen (høy utnyttelsesgrad), ha et høyt  $VO_2$  ved anaerob terskel (AT), ha høy hastighet ved AT og god arbeidsøkonomi i tillegg til en høy

prosentandel type I fibre i aksjon (Mahood et al., 2001; Sandbakk & Holmberg, 2014). Anaerob energiomsetning viser seg å virke inn i større grad tilknyttet fartsøkninger over kortere tid, rykk, spurt og i motbakker. I følge Sandbakk & Tønnesen (2012) viser likevel fordelingen mellom det aerobe og det anaerobe at den aerobe kapasitet er viktigst for langrennsprestasjonen.

#### 2.1.1.1 Utnyttelsesgrad

Utnyttelsesgraden refererer til hvor stor prosentandel av  $VO_{2maks}$  utøveren har kapasitet til å nyttiggjøre seg av under langvarig arbeid på en gitt arbeidsintensitet (Basset & Howley, 2000). Maksimal utnyttelsesgrad vil minske ved økt konkurransetid. Eksempelvis vil en over gjennomsnittet godt trent utøver ved konstant arbeid på maksimal kapasitet ha en utnyttelsesgrad på 95% av  $VO_{2maks}$  ved 30 minutters arbeid (Basset & Howley, 2000). Dette reduseres imidlertid til 80% ved 120 minutters arbeid på samme intensitet. Tekniske ferdigheter, mental kapasitet til å presse seg på slutten av økten samt anaerob terskel vil påvirke utnyttelsesgrad uavhengig av distanse (Joyner & Coyle, 2008).

#### 2.1.2 Blodlaktat

Definisjonen på anaerob terskel (AT) er den høyeste arbeidsbelastningen, hjertefrekvensen eller oksygenopptaket, hvor det er likevekt mellom produksjon og eliminasjon av laktat (Wassermann, 1986). Det blir beskrevet som arbeidsintensiteten der lungeventilasjonen ikke lengre øker parallelt med oksygenopptaket. Laktatterskelen beskriver intensiteten på et “steady state” (stabilt) arbeid, målt i prosent av  $VO_{2maks}$ , der konsentrasjonen av laktat i blodet begynner å akkumulere (Davis, 1985; Storen, Ronnestad, Sunde, Hansen, Ellefsen & Helgerud, 2014). Frem til en gitt belastning elimineres mengde laktat i forhold til mengden som produseres (Sandbakk & Tønnessen, 2012). Der produksjon og eliminasjon av laktat er lik, er terskelen for den høyeste steady state  $VO_{2maks}$ -verdien (Sandbakk & Tønnessen, 2012).

Ved trening vil resultatene vises i form av lavere laktatkonsentrasjon i blodet etter submaksimale belastninger over tid (Dill, Talbott & Edwards, 1930). Laktatverdiene stiger med økt arbeidsbelastning og vil dermed være tilknyttet høy arbeidsintensitet (Larson, 2006; Helgerud et al., 2007). Når laktatkonsentrasjonen øker i blodet er det et resultat av at flere type II muskelfibre rekrutteres. Type II utvikler større kraft enn type I da type II inneholder mindre oksidative enzymer og færre mitokondrier (Withers et al. 1981).

Studier har vist at overkropp og armer inneholder mindre type I enn i beina samt flere type II, noe som tilknyttet bedre evne til anaerob metabolisme (Larson, 2006).

Dette ble bekreftet av Björklun, Stöggl & Holmberg (2010) som viste at laktatverdiene var høyere i armene enn i beina både på 90 % (5,4 vs 4,0 mMol · L<sup>-1</sup>) og 70 % (4,5 og 3,5 mMol · L<sup>-1</sup>) av VO<sub>2maks</sub>.

I staking bestemmer intensiteten den relative fordelingen av arbeidsbelastningen mellom over- og underekstremiteten (Rud et al., 2014) og den metabolske responsen fra armene og beina er forskjellige, men bidrar likevel likt til metabolismen ved lavere intensitet. Armenes metabolske kapasitet er lavere enn beinas (Calbet, Holmberg, Rosdahl, van Hall, Jensen-Urstad & Saltin, 2005; Terzis, Stattin, & Holmberg, 2006) og ved staking forekommer en total frisetting av laktat i armene der den aktive muskelmassen i beina tar opp og utnytter laktat som energikilde (Rud, Secher, Nilsoon, Smith & Hallèn, 2014). Dette gjør det mulig å opprettholde en forholdsvis lav arteriell konsentrasjon av laktat på tross av høy produksjon i armene under arbeid (Calbet et al., 2005). Som langrennspigget er det svært gunstig å ha en høy metabolsk kapasitet i overkroppen. En forbedret prestasjon etter spesifikk utholdenhetstrening har vist seg å være forbundet med morfologiske og metabolske adaptasjoner, som har resultert i en forbedret aerob og anaerob metabolsk kapasitet (Terzis et al., 2005).

### *2.1.3 Arbeidsøkonomi*

Kroppens evne til å omdanne biokjemisk energi til mekanisk arbeid (bevegelse) er en vesentlig faktor i utholdenhetsidretter (Basset & Howley, 2000). Denne mekaniske effektiviteten blir oftest uttrykt som arbeidsøkonomi (Sandbakk, Holmberg, Leirdal & Ettema, 2010). Arbeidsøkonomi defineres som det prosentvise forholdet mellom arbeidet utført og det totale energiforbruket (Sidossis, Horowitz, & Coyle, 1992) hvor den muskulære effektiviteten øker med størrelsen på forholdet mellom det ytre arbeidet og energiforbruket (Perrault, 2006). Arbeidsøkonomien er også definert som oksygenkostnaden ved en gitt hastighet, arbeidsbelastning eller distanse (Basset & Howley, 2000). Den bestemmes ved å måle oksygenopptaket under konstante forhold (steady state) samt “respiration exchange ratio” (RER) på en gitt submaksimal hastighet (Larsen & Sheel, 2015; Moseley & Jeukendrup, 2001; Saunders, Pyne, Telford & Hawley, 2004; Støren, 2009).

Arbeidsøkonomien er en avgjørende faktor for å utholdenhetsprestasjonen og vil, i langrenn, bestemmes av både indre og ytre faktorer (Sandbakk et al., 2010). Biomekaniske, fysiologiske, metabolske og antropometriske egenskaper er faktorer som påvirker

arbeidsøkonomien i løping (Saunders et al., 2004). Tilsvarende faktorer vil virke inn ved langrennspigging, i tillegg til ytre faktorer som teknikk, koordinasjonsmønster, utstyr, terreng, klima og snøforhold kan spille en rolle (Hallén, 2002; Losnegard, Schäfer, & Hallén, 2014). For en langrennspigget kan man i tillegg anta at kravene fra funksjonsnedsettelsen i kombinasjon med utelukkelse av underkroppsmuskulatur, vil ha en innvirkning på arbeidsøkonomien.

## **2.2 Staking - bevegelse og muskelbruk**

Staking er den eneste teknikken i langrenn hvor stavenes kontakt med bakken er kilden til all fremdrift. Under staking kommer all kraft gjennom stavene, der både over- og underekstremiteten bidrar til kraftutviklingen (Bojsen-Møller, Losnegard, Kemppainen, Viljanen, Kalliokoski, & Hallén, 2010; Calbet, Jensen-Urstad, van Hall, Holmberg, Rosdahl, & Saltin, 2004; Rud et al., 2014). Under staking er overkroppen under intensivt arbeid, mens beina er med på å stabilisere og holde overkroppen i riktig posisjon for utvikling av kraft (Holmberg, Lindinger, Stöggl, Eitzlmair & Müller, 2005). Holmberg et al. (2005) beskriver i sin studie staking som et komplekst bevegelsesmønster hvor kraftutviklingen er avhengig av spesifikk muskelaktivering og spesifikke karakteristikk, deriblant fleksjon- og ekstensjonsmønster i albue-, hofte- og kneleddet. Dog anses staking som et overkroppsarbeid hvor en stor mengde blodstrøm tilknyttes stakemuskulaturen (Calbet et al., 2004). Fremdriften ved staking blir i hovedsak skapt av en symmetrisk og samtidig stakbevegelse i armene og trunkus gjennom kontaktfasen.

Bojsen-Møller et al. (2010) brukte i sin studie PET-skanner for å kartlegge muskelbruk under staking og fant ut at de primære effektormusklene i staking inkluderte triceps brachii, latissimus dorsi, teres major, pectoralis major og øvre del av deltoideus. Ved lav intensitet ( $53 \pm 5\%$  av  $VO_{2maks}$ ) var de primære effektormusklene fremtredende. Videre så man at musklene i trunkus og rundt nedre ryggrad, hofte og bein viste en økning i relativt bidrag når intensiteten økte fra lav til høy ( $74 \pm 3\%$  av  $VO_{2maks}$ ) (Bojsen-Møller et al., 2010). Mulig forklaring på dette kan være at overkroppsmuskulaturen når et maks i energiproduksjonen ved arbeid på submaksimal intensitet hvorav underkroppsmuskulaturen må øke bidraget ved økt intensitet (Bojsen-Møller et al., 2010; Rud et al., 2014).

### *2.2.1 Sittende staking*

Under langrennspigging, er staketeknikken eneste mulighet til å generere kraft fremover. Et konkurransekrav er at utøverens sete ikke kan løftes fra setet i piggekjelken,

noe som begrenser (eventuelt forhindrer) bidraget underkstremitetenes muskler har på stakingen (se bilde 1). En annen vesentlig forskjell mellom stående og sittende staking, er at selve stakesyklusen starter med hendene over hodehøyde (Gastaldi et al. 2012; Bernardi et al. 2012). Gastaldi et al. (2012) viste at utøvere med en moderat funksjonsnedsettelse hadde en albuevinkel på omtrent 140 grader ved når staven traff bakken, som minsket til rundt 90 grader før den ekstenderte ved rundt 160 grader på slutten av stakefasen. Dette mønsteret var likt det Holmberg et al. (2005) observerte hos funksjonsfriske langrennsutøvere tross albuevinkelen til langrennspiggeerne var signifikant høyere under stakefasen.

Bilde 1.

*Forsøksperson under testing ved Olympiatoppen Granåsen, SENTIF Laboratorium.*



### 2.2.2 Betingelser for staking

Hastigheten ved langrenn avhenger av sykluslengde (distansen piggekjelken har gått under en full syklus), og syklusraten (antallet ganger kroppen gjennomfører en syklus i løpet av 1 sekund) (Holmberg et al., 2005). Musklene regulerer oksygenopptak etter behov ved å utvide eller trekke sammen blodåreveggen (Andersen & Saltin, 1985; Calbet et al. 2004). Calbet et al. (2004) tok for seg forskjeller i oksygenopptak mellom overkroppen og underkroppen, sammenlignet med hvor mye oksygen som var tilgjengelig. Konklusjonen var at overkroppsmuskulaturen tar opp mindre oksygen av det den blir tilbudt sammenlignet med beinmuskulaturen (Calbet et al., 2014).

Overkroppen har en større andel muskelfibertype 2 enn hva det er i beina (Terzis et al., 2005). Gjennom høyere kapillærtetthet, økt antall mitokondrier og oksidative enzymer, gir muskelfibertype 1 bedre aerobe betingelser for energiomsetning enn muskelfibertype 2 (Ivy, Withers, Van Handel, Elger & Costill, 1980; Åstrand, Rodahl, Dahl & Strømme, 2003; Stisen, Stougaard, Langfort, Helge, Sahlin & Madsen, 2006). Med ulik muskelfibertypfordeling mellom over- og underkropp (Terzis et al., 2005), blir det forskjeller i betingelsene for aerob energiomsetning. Hvor godt musklene kan bruke sin aerobe kapasitet vil også variere avhengig av størrelsen og antallet på muskelgruppene som brukes samtidig (Østerås & Stensdotter, 2011). I staking er triceps brachii en viktig bidragsyter for å kunne skape stor kraftutvikling (Smith, Fewster & Braudt, 1996). Her er det muskelfibertype IIA som dominerer hos langrennsløpere (Mygind, 1995) som videre gir betingelser for en anaerob energiomsetning og dermed medfører produksjon av melkesyre.

### *2.2.3 Staking i motbakke*

Det er få studier som har undersøkt hvordan biomekaniske og fysiologiske parametere i staking endres fra flat til motbakke, men det er tydelig at teknikken i staking endres når stigningen i terrenget varierer. I motbakke forekommer det en forandring av staketeknikken i både temporale, kinetiske og kinematiske karakteristikk (Stöggl & Holmberg 2016). Ski federation (2012) har fastsatt at et langrennsløp skal bestå av  $\frac{1}{3}$  oppoverbakke,  $\frac{1}{3}$  nedoverbakke og  $\frac{1}{3}$  flatt. Langrennsutøvere er vist å prestere på en intensitet over maksimalt oksygenopptak i motbakke og vil dermed ha en høyere arbeidsintensiteten der enn på flatene og i nedoverbakkene (Sandbakk & Holmberg, 2017).

Staking i oppoverbakke karakteriseres av en mer oppreist holdning med ekstendert bevegelse i underkroppens ledd, samt en kortere bakoverpendel med armene med mindre ekstendert albue ved stavgang og mer synkronisert trunkusekstensjon og fremoverbevegelse av armene under svingfasen (Danielsen, Sandbakk, McGhie & Ettema, 2019). I en studie av Stöggl & Holmberg (2016) demonstrerte de at ved motbakkestaking har langrennsutøvere mindre fleksjon i albuene, minsket bevegelsesutslag i albuefleksjon og -ekstensjon, mindre flektert skuldervinkel i saggitalplanet og mindre abduksjon under stakfasen. Sammenlignet med flatt, fant studien til Stöggl & Holmberg (2016) at intensiteten under syklusen var nesten 30% høyere, mens lengden på stakesyklusen var 23% kortere. Samtidig har det vist seg at å øke stigningen på motbakken fra 2,1% til 5,1% øker kraftbehovet med 50-60% (Millet, Hoffman, Candau & Clifford, 1998).

Dette som en konsekvens av økt gravitasjonskraft som følge av stigningen og mangelen på fraspark - utøveren må øke tempoet på og antallet sykluser for å unngå tap av fart.

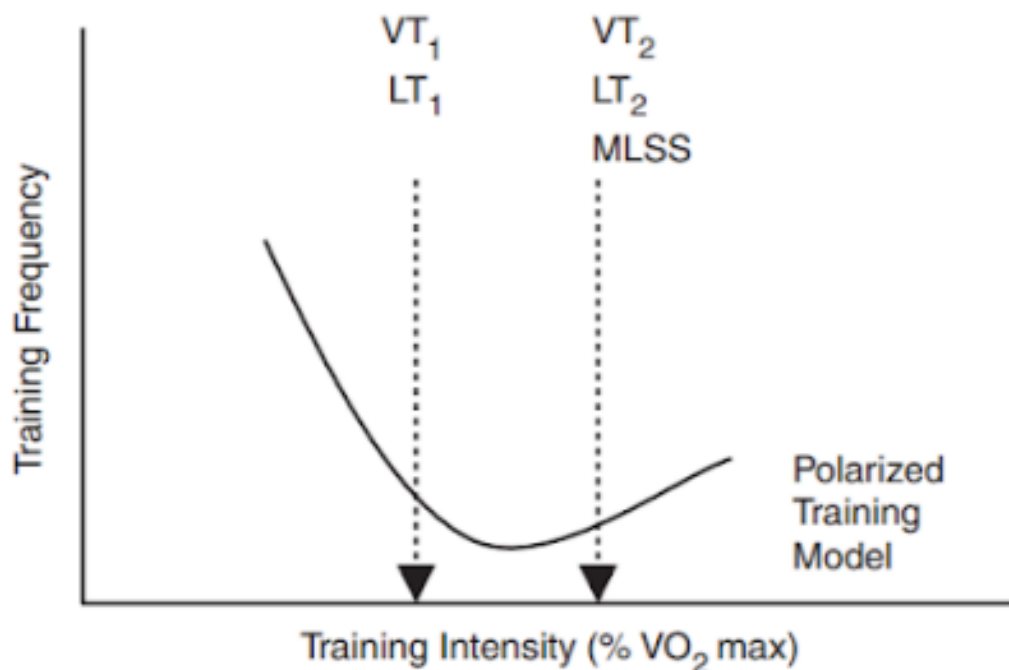
Det er tydelig at det forekommer forandringer i staketeknikk med endring i terrenget. Med utgangspunkt i dette er det sannsynlig at vesentlige variabler ved maksimalt oksygenopptak, blodlaktat, hjerterefrekvens og subjektiv opplevelse av prestasjonen ved staking i flatt, kan virke annerledes ved staking i motbakke.

### 2.3 Intensitetssoner

Utholdenhetstrening involverer manipulasjon av intensitet, varighet og frekvensen av treningsøkter (Seiler & Tønnesen, 2009). Intensitetsskalaen er inndelte intensitetssoner og er et hyppig brukt verktøy for å kartlegge og registrere utvikling i treningen til utholdenhetsutøvere. Tilnærmingen og tolkningen av intensitetssonene er vesentlig for ytterligere planlegging og oppfølging av treningsøkter (Garcin, Fleury, Ansart, Hamard & Billat, 2006; Seiler & Kjerland, 2006). Olympiatoppens (OLT) intensitetsskala tas i bruk blant utøvere i Norge (Seiler & Tønnessen, 2009). Det rettes imidlertid kritikk mot OLT sin intensitetsskala da den ikke gjør rede for individuelle forskjeller i HR, BLa eller spesifikke bevegelsesmønstre i idretter (Allen, Lamb & Westerblad, 2008; Ivy et al., 1980).

Figur 1.

*Polarisert treningsmodell. Hentet fra Seiler & Kjerland (2006).*



Inndelingen av intensitetssoner er et omdiskutert forskningsfelt (Seiler & Kjerland, 2006). Seiler & Kjerland (2006) argumenterer i sin studie for en 3-delt intensitetsstyring. De tok utgangspunkt i 12 nasjonalt konkurrerende mannlige langrennsutøvere på 17 år. Determinantene brukt for inndeling av ulike soner var konsentrasjon av blodlaktat, hjertefrekvens og utøverens “rate of perceived exertion (RPE)” med utgangspunkt i Foster et al (2001). Seiler & Kjerland (2006) konkluderte med at utøverne trener etter en polarisert intensitetsfordeling (figur 2.3.) og bruker mest tid i sone 1 (71%) og sone 3 (22%), og mindre i sone 2 og laktatterskel-økter (7%) (Seiler & Tønnesen, 2009).

Paralympiske utøvere tar utgangspunkt i sammen intensitetsskala fra OLT som funksjonsfriske utøvere uavhengig av funksjonsnedsettelse. Generering av kraft og fremdrift avhenger dermed utelukkende av overkroppsarbeid selv ved høy intensitet hvor underkroppen vanligvis kobles på (Bojsen-Møller et al., 2010; Rud et al., 2014; Stöggl & Holmberg, 2016). Flere studier viser til effekten av å trene 80% av øktene i lav intensitet og de resterende 20% i moderat til høy intensitet (Seiler & Kjerland, 2006). Uavhengig av fordeling er det en vesentlig faktor å ligge i rett intensitetssone under planlagt økt for best mulig effekt (Larson 2006).

## 2.4 Oppsummering

I utholdenhetsidretter som langrennspigging er det tre avgjørende faktorer for prestasjon hos utøveren: oksygenopptak ved  $VO_{2maks}$ , arbeidsøkonomi og anaerob terskel (laktatterskel). Oksygenopptaket avgjøres og begrenses av mange ulike faktorer, og når utøvere med ulike funksjonsnedsettelser gjennomfører utholdenhetstester i overkroppen, er det sjeldent deltakerne når  $VO_{2maks}$  pga begrenset mengde aktiv muskelmasse og videre funksjonsspesifikke begrensninger (Hopman et al., 1993; Theisen, 2012; Thijssen et al., 2009; Binkhorst et al., 1992; Shephard et al., 1988). Forskning viser til at overkroppen har en større andel muskelfibertype 2 enn det er i beina (Terzis et al., 2005), dermed vil det være forskjeller i hvor gode betingelser for aerob energiomsetning de ulike muskelgruppene har (Terzis et al., 2006). Bojsen-Møller et al. (2010) og Rud et al. (2014) har sett på at muskulaturen i overekstremitetene når et plata i energiproduksjonen ved submaksimal arbeidsintensitet der musklene i underekstremitetene må øke bidraget ved økt intensitet.

Som langrennspigger er det svært gunstig å ha en høy metabolsk kapasitet i overkroppen og en forbedret prestasjon etter spesifikk utholdenhetstrening har vist seg å være forbundet med morfologiske og metabolske adaptasjoner, som har resultert i en forbedret aerob og anaerob metabolsk kapasitet (Terzis et al., 2005).



I både stående og sittende langrenn, er HR ofte brukt for å overvåke treningsintensitet. Funn som dette er dermed vesentlig for trenere og utøvere for å kunne planlegge treningen ut fra rett intensitet. På bakgrunn av dette er det aktuelt å avdekke om det er behov for en intensitetssoneinndeling som er spesifikk for isolert overkroppstrening ved sittende staking.

## 3.0 METODE

### 3.1. Utvalg

Femten funksjonsfriske menn i alderen 18-35 år deltok i denne studien om sittende staking. Alle hadde erfaring med stående staking i langrenn som aktive utøvere, tidligere utøvere eller aktive mosjonister. Antropometriske karakteristikk er beskrevet i tabell 1. Samtlige deltakere var friske og skadefrie under testingen. Alle forsøkspersonene signerte skjema om informert samtykke med henhold til deltakelse, bruk av datamaterialet i ytterligere forskning og bevisstgjøring om muligheten for å trekke seg fra studiet uten begrunnelse (vedlegg I). Prosjektet var godkjent av Regionale komiteer for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK) avdeling sør-øst før oppstart (ID: 419539; «Physiology and kinematics during seated upper-body poling»).

Tabell 1.

*Antropometriske karakteristikk ved forsøkspersonene i studien.*

| FP                | 1    | 2     | 3     | 4    | 5     | 6     | 7    | 8     | 9    | 10   | 11   |
|-------------------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|
| <b>Fødeår</b>     | 1987 | 1993  | 1995  | 1995 | 1992  | 1995  | 1994 | 1985  | 1995 | 1997 | 1999 |
| <b>Vekt (kg)</b>  | 86,1 | 79,1  | 74,7  | 73,6 | 87,1  | 87,   | 78,3 | 75,8  | 73,8 | 69,8 | 67.6 |
| <b>Høyde (cm)</b> | 187  | 185,5 | 174,5 | 178  | 182,5 | 182,5 | 186  | 175,5 | 183  | 181  | 183  |

#### 3.1.1. Rekruttering

Rekruttering av forsøkspersoner foregikk gjennom plakater på treningssentre og skolecampus, samt publisering av informasjonsskrivet i Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet sitt idrettslag sin langrennsgruppe på facebook. Plakat og informasjonsskriv utdypet i Vedlegg II. Inklusjonskriteriene er å finne i Tabell 2. Rekrutteringen rettet seg dermed mot arenaer der sannsynligheten for å nå ut til aktuelle deltakere var stor.

Tabell 2.

*Inklusjons- og eksklusjonskriterier for rekruttering av deltakere.*

| Inklusjonskriterier                                      | Eksklusjonskriterier                                     |
|--|--|
| Deltakere >18 år , <50 år<br>Mann                        | Deltaker <18 år, >50 år<br>Kvinne                        |
| Langrennsløper   | Ingen eller lite erfaring med langrenn                   |
| Gode stakeferdigheter                                    | Dårlige stakeferdigheter                                 |
| Trener ukentlig langrennsspesifikk utholdenhet og styrke | Trener sjeldent langrennsspesifikk utholdenhet og styrke |

### 3.2 Eksperimentelt design

All testing foregikk i perioden september-november 2019 ved Senter for Toppidrettsforskning sitt laboratorium i Olympiatoppen Granåsen. Måling av fysiologiske parametre for sittende staking i motbakke og flatt, foregikk ved testing over over to enkeltstående dager med minimum to dager og maksimum en uke mellom hver test. Deltakerne gjennomførte tre tester begge dager med knestående piggekjelke og tilhørende rulleski på tredemølle: (1) submaksimal test, (2) inkrementell-test til utmattelse og (3) en verifikasjonstest. En dag med møllestigning på 0,5% og en med møllestigning på 5%.

#### 3.2.1 Måleinstrumenter

Testingen foregikk på en 5 x 3 m motordrevet tredemølle (Forcelink Technology, Culemborg, The Netherlands). Stigning og hastighet ble kalibrert ved bruk av the Qualisys Pro Reflex system og the Qualisys Track Manager software (Qualisys AB, Gothenburg, Sweden). Skistaver var Triac 3.0 Junior fra Swix (Swix, Lillehammer, Norge) med spesiellagde pigger for tredemøllen. Før hovedtestene var piggene blitt testet på mølle for å sikre likt grep, samt testet for lik vekt. For å minimere variasjonene i rullemotstand ble det tatt i bruk samme knestående piggekjelke (SKENO Power Piggekjelke, Oslo) uavhengig av deltakernes fysiologiske variasjoner med IDT- rulleski (IDT Classic Stakeski 0x0 RM3+4). Alle deltakerne ble sikret med en tverrgående stålbjelke festet til piggekjelken og en nødstoppe-mekanisme ved "sikkerhetssøyler" på langsiden av tredemøllen. Dette for å forhindre deltakerne i å gli av møllen fastlåst i piggekjelken ved utmattelse eller uhell under testingen (se bilde 1).

Hjertefrekvens (HR) ble målt hvert sekund gjennom Polar V800 heart rate monitor (Polar Electro Inc., Port Washington, NY, USA). Puls klokken og derav måling av HR ble startet ved oppvarming og skrudd av ved avsluttet verifikasjonstest. Oksygenopptak (VO<sub>2</sub>) og respiratorisk utvekslingsforhold [respiratory exchange ratio] (RER) ble målt i gjennomsnitt over 10 sekunder.

Respirasjonsparametere (dvs. VO<sub>2</sub> og respiratorisk utvekslingsforhold (RER)) ble registrert ved «breath-by-breath» og i gjennomsnitt over 10 sekunder, av den innebygde programvaren til en Metamax II. RPE (rate of perceived exertion) ble registrert etter hvert av de submaksimale dragene, inkrementelltest og verifiseringstest, samt etter oppvarming. Registreringen tok utgangspunkt i Borgsskala (vedlegg III) (Borg, 1982) og rapporteres som Total RPE, Ventilær RPE (pust) og Muskulær RPE fra 6-20.

Blodlaktat (BLa) ble analysert med Biosen C-Line Sport lactate measurement system (EKF-diagnostic GmbH, Magdeburg, Germany).

### 3.3 Testprotokoll

#### *Submaksimale drag*

Begge testdager ble innledet med en registrering av hvileverdier (VO<sub>2</sub>, HR, BLa og RER) over 2-minutter med deltakeren stillesittende i piggekjelken på tredemøllen. Deretter fulgte en 10-minutters oppvarming på lav intensitet [Total rate of perceived exertion, 6-8].

Submaksimale intervalldrag på fire ganger 4-minutter ble gjennomført med konstant hastighet i hvert enkeltdrag (tabell 3). De submaksimale dragene ble samtidig brukt for å gjøre deltakerne vant med bruken av Borgs skala (Borg, 1982) ved å indikere RPE. BLa ble målt umiddelbart etter hvert drag ved blodprøvetakning fra fingerspissen.

Tabell 3.  
*Hastighet ved submaksimale intervalldrag 4-min x 4.*

| <b>Stigning</b> | <b>Sub. 1</b> | <b>Sub 2</b> | <b>Sub 3</b> | <b>Sub 4</b> |
|-----------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>0.5%</b>     | 10 km/t       | 12 km/t      | 14 km/t      | 16 km/t      |
| <b>5%</b>       | 4 km/t        | 5 km/t       | 6 km/t       | 7 km/t       |

#### *Inkrementell test til utmattelse*

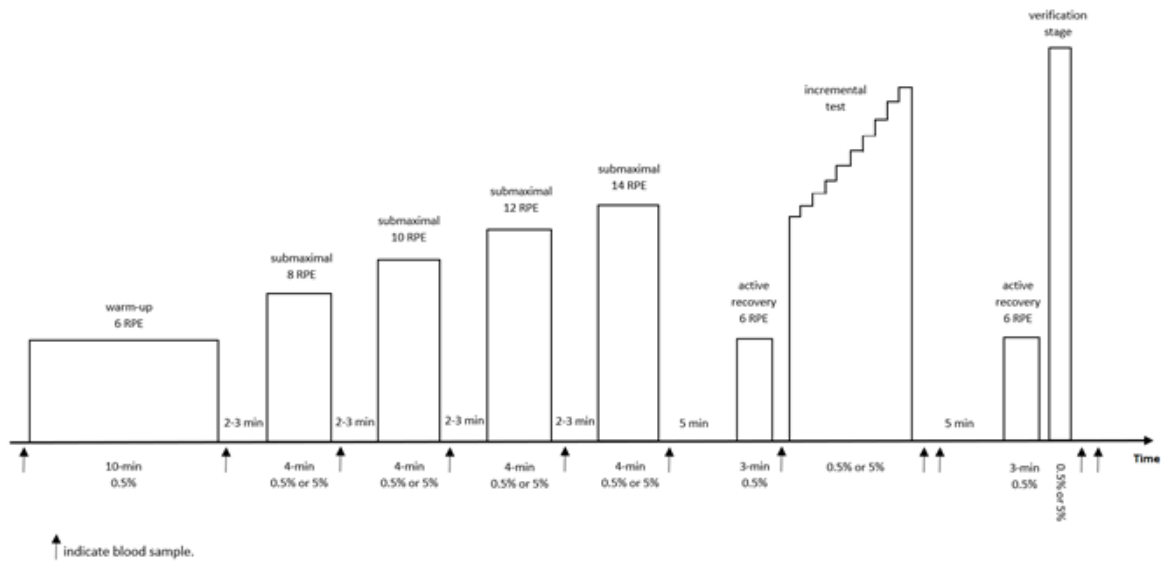
Etter en 5-minutters passiv hvile ble det igangsatt nye 3-minutter med aktiv hvile før deltakerne gjennomførte en inkrementell test til utmattelse. Inkrementell test startet på hastigheten av tredje submaksimale drag (tabell 3.2.1) med en økning på 1 km/t hvert påbegynte minutt. Testen stoppet når deltakeren, tross for hyppig verbal oppmuntring, ikke lenger kunne opprettholde hastigheten og traff "sikkerhetssøylene" bak på tredemøllen. BLa ble målt 1 minutt og 3 minutter etter inkrementell test. Total, ventilær og muskulær RPE ble rapportert umiddelbart etter gjennomført test.

#### *Verifikasjonstest*

Videre hvilte deltakerne passivt i nye 5-minutter og aktivt i 3-minutter før de gjennomførte en verifikasjonstest (figur 2). Hastigheten ved verifikasjonstest startet direkte på topphastigheten registrert ved inkrementelltest. Respiratoriske parametre og HR ble registrert hvert 30-sek. Testen ble stoppet etter samme kriterier som inkrementell test og RPE rapportert umiddelbart. BLa ble også her målt etter både 1-min og 3-min.

Figur 2.

Protokoll for testing av fysiologiske og kinematiske parametere.



### 3.4 Dataanalyse

Den statistiske analysen ble gjennomført ved bruk av Matlab (R2016a; Mathworks Inc., Natick, MA). Paired-samples *T*-test ble tatt i bruk for å sammenligne datamaterialet fra flat bakke (0.5% stigning) og motbakke (5% stigning). Prosentvis (%)  $VO_{2peak}$ , % $HR_{peak}$  og  $BLa$  ble interpolert ved en gitt RPE etter Borgsskala (Borg, 1982). Signifikansnivået er satt til  $p < 0.05$ . Resultatene ble rapportert i Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft, Redmond, USA) for visuell fremstilling og sammenligning. Deskriptiv analyse brukes for sammenligning av intensitetssoner med rapporterte funn.

## 4.0 RESULTAT

### 4.1. Forskjell i intensitetssoner

Tabell 4.1.

*Intensitetsskala OLT, hentet fra Seiler & Tønnessen (2009).*

|                         | <b>BORG (6-20)</b> | <b>%HR<sub>peak</sub></b> | <b>%VO<sub>2peak</sub></b> | <b>Laktat</b> |
|-------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------------|---------------|
| <b>Høy (Sone 3)</b>     | 17-19              | 88-97                     | 88-100                     | 4.1-10.00     |
| <b>Moderat (Sone 2)</b> | 14-16              | 83-87                     | 81-87                      | 2.6-4.0       |
| <b>Lav (Sone 1)</b>     | <11-13             | 60-82                     | 45-80                      | 0.8-2.5       |

Tabell 4.1. viser til eksisterende intensitetssoner for funksjonsfriske utøvere brukt av Olympiatoppen (OLT) (Seiler & Tønnessen, 2009). Tabell 4.2 representerer resultat av maksimalt oksygenopptak (VO<sub>2</sub>), hjertefrekvens (HR) og blodlaktatverdier (BLa) ved sittende staking i flatt, hvorav tabell 4.3 representerer like verdier i henhold til sittende staking i motbakke. Tabellene tilknyttet sittende staking er i tillegg mulige forslag til ny intensitetssoneneinndeling og derav sammenligningsgrunnlag for resultatet.

Prosentandelen (%) av VO<sub>2peak</sub>, %HR<sub>peak</sub> og BLa ble statistisk estimert ved en RPE på 9 og 13 (lav intensitet), en RPE på 14 og 16 (moderat intensitet) og en RPE på 17 og 19 (høy intensitet).

Tabell 4.2.

*Intensitetsskala sittende staking i flatt (0.5% møllestigning).*

|                | <b>BORG Total</b> | <b>BORG Muskulær</b> | <b>BORG Ventilasjon</b> | <b>%HR<sub>peak</sub></b> | <b>%VO<sub>2peak</sub></b> | <b>Laktat</b> |
|----------------|-------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------|
| <b>Høy</b>     | 17-19             | 16-18                | 15-17                   | 88-97                     | 73-85                      | 4.6-10.0      |
| <b>Moderat</b> | 14-16             | 14-16                | 13-14                   | 75-86                     | 59-72                      | 3.5-4.5       |
| <b>Lav</b>     | <11-13            | < 12-13              | < 10-12                 | 66-74                     | 49-58                      | 0.8-3.4       |

Tabell 4.2 og 4.3 viser et intensitetsskifte fra lav (RPE <11-13) til moderat (RPE 14-16) ved lavere %HR<sub>peak</sub> og %VO<sub>2peak</sub> i sittende staking, enn ved OLT-intensitetsskala. Videre ser man deltakerne ikke når sin maks %VO<sub>2peak</sub> i sittende staking (85-90%) på høy intensitet (RPE 17-19) sammenlignet med stående staking (100%) i Olympiatoppens intensitetsskala.

Blodlaktatverdiene er imidlertid høyere under lav (0.8-3.4) og moderat (3.5-4.5) intensitet i sittende staking. Her spesielt ved sittende staking i motbakke ved lav (0.8-4.0) og moderat (4.1-6.0) intensitet.

Ved tabell 4.2 og 4.3 rapporteres det i tillegg RPE muskulær (muskulær utmattelse) og RPE ventilasjon (pust). Deltakerne indikerer her en lavere BORG-verdi ventilært i motbakke og flatt (RPE 15-17) ved både lav, moderat og høy intensitet, sammenlignet med total og muskulær RPE.

Tabell 4.3.

*Intensitetsskala sittende staking i motbakke (5% møllestigning).*

|                | <b>BORG<br/>Total</b> | <b>BORG<br/>Muskulær</b> | <b>BORG<br/>Ventilasjon</b> | <b>%HR<sub>peak</sub></b> | <b>%VO<sub>2peak</sub></b> | <b>Laktat</b> |
|----------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------|
| <b>Høy</b>     | 17-19                 | 17-19                    | 15-17                       | 88-100                    | 75-90                      | 6.1-10.0      |
| <b>Moderat</b> | 14-16                 | 14-16                    | 13-14                       | 75-87                     | 59-74                      | 4.1-6.0       |
| <b>Lav</b>     | <11-13                | < 12-13                  | < 10-12                     | 66-74                     | 47-58                      | 08-4.0        |

#### 4.2 Motbakke versus flatt

Det ble gjennomført en paret t-test for å avdekke ulikheter mellom de to stigningsprosentene. Funnene viste ingen signifikant forskjell ( $p > 0.05$ ) mellom sittende staking i motbakke og flatt for %HR<sub>peak</sub> og %VO<sub>2peak</sub>. Det var imidlertid en signifikant forskjell ( $p > 0.05$ ) i laktatverdiene på lik RPE for staking i motbakke (tabell 4.2) sammenlignet med flatt (tabell 4.3). Forskjellen utartet seg i høyere laktatverdier ved sittende staking i motbakke på samme BORG.

## 5.0 DISKUSJON

Formålet med prosjektet var å undersøke forskjellen i intensitetssoner mellom sittende og stående staking på rulleskimølle. I tillegg var hensikten å avdekke hvorvidt det er forskjell mellom fysiologisk variabler ved sittende staking i flatt sammenlignet med motbakke. Våre hovedfunn viste at (I) deltakerne ikke nådde sitt maks oksygenopptak i sittende staking på høy intensitet sammenlignet med stående staking i OLT-skala. (II) Peak hjertefrekvens og peak oksygenopptak skifter fra lav til moderat intensitet ved lavere verdier i sittende staking. (III) Det var ingen forskjell i  $\%HR_{peak}$  og  $\%VO_{2peak}$ , (VI) men laktatverdiene var signifikant høyere ved samme BORG-verdi under sittende staking i motbakke sammenlignet med flatt.

### 5.1 Forskjell mellom stående og sittende staking

Langrenn er en utholdenhetsprestasjon som avhenger av et høyt peak oksygenopptak,  $\%VO_{2peak}$  ved anaerob terskel og arbeidsøkonomi. En høy  $VO_{2peak}$  gir økt toleranse for høyere treningsmengde, samt redusere restitusjonstiden mellom hver økt (Baumgart, 2018).

Resultatet i denne studien viste at ingen av forsøkspersonene (FP) nådde sin maks  $\%VO_{2peak}$  i sittende staking på høy intensitet under verifikasjonstesten. Sammenlignet med OLT-skalaen som indikerer en maksverdi på 100%  $VO_{2peak}$  ved høy intensitet, lå FP ved sittende staking på 85-90%. Funnene samsvarer med tidligere studier som begrunner dette med begrenset mengde aktiv muskelmasse under overkroppstrening (Shephard et al., 1988), herunder mulige begrensninger til lokal blodstrøm (Shephard et al, 1985; Reybrouck et al., 1975) og høye nivåer av lokal muskeltretthet (Pandolf, Billings, Drolet, Pimental & Sawka, 1984). Dette fører til at det kardiorespiratoriske systemet ikke blir fullt belastet. Terzis et al. (2005) postulerer at overkroppen har en større andel muskelfibertype 2 enn det er i beina. Spesielt er triceps brachii en viktig bidragsyter (Smith et al., 1996) som hos langrennsutøvere har en dominerende andel muskelfibertype IIA (Mygind, 1995). Av denne årsak blir det forskjeller i hvor gode betingelser det er for aerob energiomsetning til de ulike muskelgruppene.

Calbet et al. (2004) undersøkte forskjeller i oksygenopptak opp mot mengde tilgjengelig oksygen i bein- og overkroppsmuskulatur. Studien konkluderte med at overkroppen tar opp mindre tilbudt oksygen sammenlignet med underkroppen. Den store andelen blod som pumpes til armene vil dermed redusere den totale mengden oksygen som tas opp (Calbet et al., 2004; Rud et al, 2014). I arbeid med både under- og overkroppen vil altså begrensingen hovedsakelig tilknyttet overkroppens kapasitet og evne til å ta opp



oksygenet den blir tilbudt (Calbet et al., 2004). FP ved vår studie bruker ikke underkroppen under testing ved sittende staking. Det kan dermed argumenteres for at den dominerende belastningen på overkroppen i langrennspigging vil medføre dårligere aerobe betingelser i muskulaturen. Ved høy intensitet klarer ikke armmuskulaturen å ta opp og videre utnytte nok oksygen til å nå maksimal %VO<sub>2peak</sub>, tross arbeidsintensiteten er ansett som svært anstrengende.

Denne studien inndeler, som tidligere opplyst, Rate of perceived exertion (RPE) i tre ulike rapporteringsverdier - ventilær (pust), muskulær og total RPE. Våre funn viser at FP rapporterte ulike BORG-verdier etter både inkrementell- og verifikasjonstest der hensikten var å komme opp i maksimal fysiologisk anstrengelse. Samtlige FP oppga en total og muskulær BORG på 17-20 umiddelbart etter endt drag. Dette betyr at i den arbeidende muskulaturen og helhetlig i kroppen, opplevde FP testdragene som *meget anstrengende* eller *svært anstrengende* (se vedlegg III) (Borg, 1982). FP oppga derimot en ventilær RPE som *anstrengende* (RPE 15-17) ved verifikasjonstest, og rapporterte dermed en lavere BORG-verdi tilknyttet subjektiv ventilær utmattelse sammenlignet med muskulær utmattelse etter intervalldraget. Rapporteringene samsvarer med resultatet nevnt ovenfor hvor det ble funnet en fysiologisk forskjell i overkroppens evne til å nå %VO<sub>2peak</sub> ved maksimal anstrengelse. I følge disse funnene kan dette forstås som at FP opplevde de ikke klarte å yte mer under intervallene grunnet høye nivåer av muskulær tretthet og utmattelse, og dermed ikke når maks %VO<sub>2peak</sub> ut fra verken subjektiv vurdering eller manuell registrering.

Teknisk utførelse er en viktig faktor for utøverens arbeid (Sandbakk & Holmberg, 2017). Under sittende staking ble det funnet at skiftet fra lav til moderat intensitet var fremtredende ved lavere i %HR<sub>peak</sub> og i %VO<sub>2peak</sub> sammenlignet med Olympiatoppens intensitetsskala. I tråd med dette viser flere studier at hjertefrekvens og blodlaktat ved en gitt submaksimal intensitet er høyere i overkroppen sammenlignet med trening i underkroppen (Larson, 2006). Dette underbygges av den generelt høyere fysiologiske responsen ved overkroppstrening sammenlignet med underkroppstrening på en gitt intensitet. Det fremmes at %VO<sub>2peak</sub> ved anaerob terskel er fremtredende ved lavere treningsintensiteter under overkroppsovelser (Davis, Vodak, Wilmore, Vodak & Kurtz, 1976; Yasuda, Gaskill & Ruby, 2008) tross noen studier også har funnet lik %VO<sub>2peak</sub> (Keyser, Mor, & Andres, 1989; Dekerle, Caby, Marais, Lavoie, Dupont, Vanvelcenaher & Pelayo, 2002). Den tidlige økningen i BLa i overkroppen sammenlignet med underkroppen er også i tråd med Beneke, Leithäuser & Hütler (2001) som rapporterte at BLa er høyere på en gitt arbeidsbelastning i aktiviteter som involverer en mindre muskelmasse, grunnet en økning i kraftbehov gitt per kilo aktiv

muskelmasse, og dermed økt metabolsk stress. For en langrennspigget kan man anta utelukkelse av underkroppsmuskulaturen og manglende erfaring med sittende staking, vil ha en innvirkning på arbeidsøkonomien. Sittende staking byr på et komplekst bevegelsesmønster med tanke på kontroll av frihetsgrader, bevegelsesbegrensninger og behovet for kraftgenerering i overkroppen. Det anerkjennes at teknikk er en viktig forutsetning for optimal arbeidsøkonomi, men samtidig må langrennspigget også maksimere utbyttet av den spesifikke staketeknikken som belaster overkroppen i ulikt omfang.

## 5.2 Forskjell mellom flatt og motbakke

Inndelingen av langrennsløypene innehar en tredel av hver terrenngtype (flatt, motbakke, nedoverbakke). Likevel foregår omtrent femti prosent av konkurransetiden i motbakke (Sandbakk & Holmberg, 2017). Langrennsutøvere er vist å prestere på en intensitet over maksimalt oksygenopptak i motbakke og vil dermed ha en høyere arbeidsintensiteten der enn på flatene og i nedoverbakkene (Sandbakk & Holmberg, 2017). Dog fant vi ingen forskjell i  $\%HR_{peak}$  og  $\%VO_{2peak}$  ved samme BORG-verdi under sittende staking i motbakke sammenlignet med flatt. Laktatverdiene var imidlertid signifikant høyere ved samme BORG-verdi under sittende staking i motbakke kontra flatt.

Få studier har tidligere målt  $VO_{2peak}$  i staking i motbakke og på flatt. Wisløff & Helgerud (1998) fant ingen forskjell i  $VO_{2peak}$  ved stigning på 3°, 4°, 5° og 6°. Det ble imidlertid funnet redusert  $VO_{2peak}$  ved stigning på 7°. Det ble postulert at høyere stigningsgrad resulterte i en lenger muskelkontraksjonssyklus og økt intramuskulær kompresjon. Dette begrenset blodgjennomstrømningen til muskulaturen som videre begrenset oksygentransport og  $\%VO_{2peak}$  (Thijssen et al., 2009; Myers & Ashley, 1997).

I vår studie gjennomførte deltakerne motbakkedragene med en stigning på 5% tilsvarende 2,8°. Dette vil i følge Wisløff & Helgerud (1998) være under grensen for optimal staketeknikk i stående (3°). Våre testdeltakere hadde imidlertid bevegelsesbegrensninger ved fastlåst underkropp til piggekjelken. Stöggl & Holmberg (2016) observerte store forandringer i staketeknikk ved økende helning. Ved 7° kontra 1° i stigning ble det tatt i bruk en mer kompakt posisjon i overkroppen med armene nærmere brystet. Dette kom av at tyngdekraften i større grad virker inn og syklustiden blir lavere mens stakerefrekvensen høyere (Stöggl & Holmberg, 2016). Studien fant videre ut at stavenes kontaktid med bakken øker fra 25% ved flatt til 50% i motbakke. Dette medfører en forkortet tilbakeføringsfase og videre mer oppreist posisjon i overkroppen, samt økt bidrag fra underekstremitetene (Stöggl & Holmberg, 2016). Musklene måtte tilpasse seg motbakketeknikken for å nå det samme oksygenopptaket.

Når det er sagt, er Stöggl og Holmberg (2016) sin studie gjennomført med stående staking. Langrennspiggerne har minimalt eller ingen bidrag fra underkroppen og motbakke-staking vil sette større krav til anaerob kapasitet i overkroppen (Terzis et al., 2006). Stakesyklusen ved sittende staking begynner med hendene over hodehøyde (Gastaldi et al. 2012; Bernardi et al. 2013) og blir dermed forlenget sammenlignet med stående staking. En videre konsekvens er forlenget tilbakeføringsfase, parallelt med at det settes krav til høyere stakefrekvens.

Teknikken for tilbakeføringen av armene kan dermed være en faktor i forskjellen sett i BL<sub>a</sub>, og den manglende forskjellen i %VO<sub>2peak</sub> og %HR<sub>peak</sub> mellom motbakke og flatt. Med god teknikk kommer optimal kraftutvikling (Stöggl & Holmberg, 2016). Videre, med god teknikk og herunder optimal arbeidsøkonomi ville testdeltakerne trolig kommet opp i høyere hastighet og utnyttet kapasiteten i overkroppen bedre. Samtlige av våre testdeltakere var erfarne med stående staking, men ingen med sittende staking. Vi ser at tross utvalget bestod i både aktive langrennsutøvere og mosjonister, var forskjellen den samme uavhengig individuell variasjon i utholdenhet og makshastighet på rulleskimøllen under verifikasjonstest. Med utgangspunkt i dette antas det at erfaring med stående staketeknikk ikke er direkte overførbart til sittende staking, men at spesifikk erfaring med langrennspigging kunne vært prestasjonsfremmende ved bedre reposisjoneringsteknikk og stakesyklus.

Våre funn samsvarer med funnene til Rud et al. (2014) og understreker at ved sittende staking vil det skje en opphopning ved frigjøringen av laktat i armene, fordi muskelmassen i underkroppen ikke kan ta opp og utnytte laktat som en energikilde. Selv ved moderat treningsintensitet er armmusklene engasjert i nesten maksimal belastning (Bjosen-Moller et al, 2010). Det postuleres derfor i vår studie at den manglende forskjellen i %VO<sub>2peak</sub> og %HR<sub>peak</sub> kommer at det ved motbakke skjer en opphopning i av laktat - “melkesyren” vil inntre før utøveren rekker å komme opp i maks ved de andre utholdenhetsdeterminantene.

### **5.3 Behov for nye intensitetssoner?**

Med utgangspunkt i resultatene i denne studien kan det argumenteres for at det er nødvendig med en egen intensitetszoneinndeling og intensitetsskala for både langrennspiggere samt andre utøvere som anvender utelukkende overkropp i idrettssammenheng. Forslag til ny intensitetszoneinndeling (Tabell 4.4) er utformet med utgangspunkt i resultatene presisert i tabell 4.2 og tabell 4.3.

Tabell 4.4.

*Forslag til ny intensitetssoneinndeling tilpasset langrennspigging.*

|                | <b>BORG<br/>Total</b> | <b>BORG<br/>Muskulær</b> | <b>BORG<br/>Ventilasjon</b> | <b>%HR<sub>peak</sub></b> | <b>%VO<sub>2peak</sub></b> | <b>BLa<sub>0.5%</sub></b> | <b>BLa<sub>5%</sub></b> |
|----------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| <b>Høy</b>     | 17-19                 | 16-18                    | 15-17                       | 88-97                     | 73-85                      | 4.6-10.0                  | 6.1-10.0                |
| <b>Moderat</b> | 14-16                 | 14-16                    | 13-14                       | 75-86                     | 59-72                      | 3.5-4.5                   | 4.1-6.0                 |
| <b>Lav</b>     | <11-13                | < 12-13                  | < 10-12                     | 66-74                     | 49-58                      | 0.8-3.4                   | 0.8-4.0                 |

Paralympiske utøvere tar per i dag utgangspunkt i sammen intensitetsskala fra OLT som funksjonsfriske utøvere uavhengig av funksjonsnedsettelse. I tråd med kritikken nevnt tar ikke OLT sin intensitetsskala høyde for individuelle forskjeller i HR, BLa eller spesifikke bevegelsesmønstre i ulike idretter (Allen, Lamb & Westerblad, 2008; Borch et al., 1993; Ivy et al., 1980). Den tar ei heller hensyn til at mindre muskelgrupper vil produsere mer laktat ved høy aktivitet sammenlignet med større muskelgrupper (Beneke & Von Duvillard, 1996; Beneke et al., 2001). Tidligere funn nevnt i henhold til studiens hensikt, ble bekreftet av målingene gjort på våre forsøkspersoner. Gitt aktive langrennspiggere tar utgangspunkt i Olympiatoppens intensitetsskala under trening og konkurranser, vil det ut fra studiens funn resultere i en mindre optimal registrering av intensitet. Funnene kan indikere at utøverens fysiologiske målinger vil ligge på et konstant lavere nivå sammenlignet med den opplevde anstrengelse, og videre kunne medføre feilaktige rapporteringer av arbeidsintensiteten. Utøveren ville trolig oppleve å prestere maksimalt ved hard arbeidsintensitet uten å nå de fysiologiske målingene tilsvarende sone 3 i OLT intensitetsskala (tabell 4.1).

Ved langrennspigging er underekstremitetene fastlåst til piggekjelken uten mulighet til å bidra i stakesyklusen. Generering av kraft og fremdrift avhenger dermed utelukkende av overkroppsarbeid selv ved høy intensitet hvor underkroppen vanligvis kobles på (Bojsen-Møller et al., 2010; Rud et al., 2014; Stöggl & Holmberg, 2016). Samtidig er staking sammenlignet med andre langrennsteknikker vist å produsere høyere BLa-konsentrasjoner ved lavere HR (Larson, 2006) og lavere relativ % VO<sub>2peak</sub> og %HR<sub>peak</sub> (LaRoche et al., 2010).

Testene under denne studien viser også at både % VO<sub>2peak</sub> og %HR<sub>peak</sub> er lavere ved sittende staking sammenlignet med stående staking. Dette kan begrunnes ut fra tidligere argumenter relatert til arbeidsøkonomi, herunder teknikk og muskelaktivering under sittende staking (Stöggl & Holmberg, 2016; Terzis et al., 2006; Larson, 2006). Det er snakk om ulike idretter som har ulike teknikker, fysiologiske begrensninger og biomekanikk. Med henhold i

dette antas det derfor at det vil være nødvendig med en egen intensitetsskala spesifikk for langrennspigging.

#### **5.4 Begrensninger ved prosjektet**

Denne studien av intensitetssoner ved langrennspigging ble gjennomført på rulleskimølle. Dette medfører ulike begrensninger ved selve gjennomføringen av prosjektet og resultatenes overførbarhet til staking utenfor testlaboratoriet. På rulleskimølle foregår bevegelsen rett fram. Det er ingen variasjon i terrenget som skiløperen må adaptere bevegelsene sine til eller endringer i hastighet og stigning underveis. Videre foreligger det ingen luftmotstand inne på en mølle som er en faktor som påvirker utøveren ute. Luftmotstanden avhenger av lufttettheten, utøverens størrelse og form, samt hastighet. Som betyr at ved høyere hastigheter og teknikker som gjør løperen større, vil da medføre en høyere luftmotstand og påvirke prestasjonen (Smith, 2000 ; Svensson, 1994). Under konkurranse forekommer det også variasjoner i løypeprofil, som fører til at utøveren må tilpasse seg ulike stigninger, svinger og hastigheter underveis, og det vil dermed kunne påvirke oksygenopptak og hjertefrekvensen på en annen måte. Med utgangspunkt i det som er nevnt ovenfor bør dette være et felt for ytterligere forskning, både på snø og i konkurranse for å kunne videreutvikle nye intensitetssoner for den individuelle langrennspiggen og andre parautøvere innenfor overkroppsstaking.

Utvalget av testpersoner var funksjonsfriske menn for å få et mest mulig homogent utvalg hvorav ingen hadde erfaring med sittende staking. Når man tester individer med forskjellige funksjonsnedsettelse i overkroppsstaking, kan det forekomme forskjeller i fysiologiske responser hos individene, samt til fysiologiske begrensninger relatert til funksjonsnedsettelsen. I tillegg til dette var det også kun mannlige deltakere i studien. En utfordringen med homogengruppe er å synliggjøre enkelte variabelers betydning for prestasjon. Det kunne også blitt implementert kvinner i utvalget for å etterstrebe mer heterogenitet i gruppen. Resultatene i denne studien kunne dermed hatt overføringsverdi for en større brukermasse enn ved kun mannlige deltakere.

#### **5.5 Forslag til videre forskning**

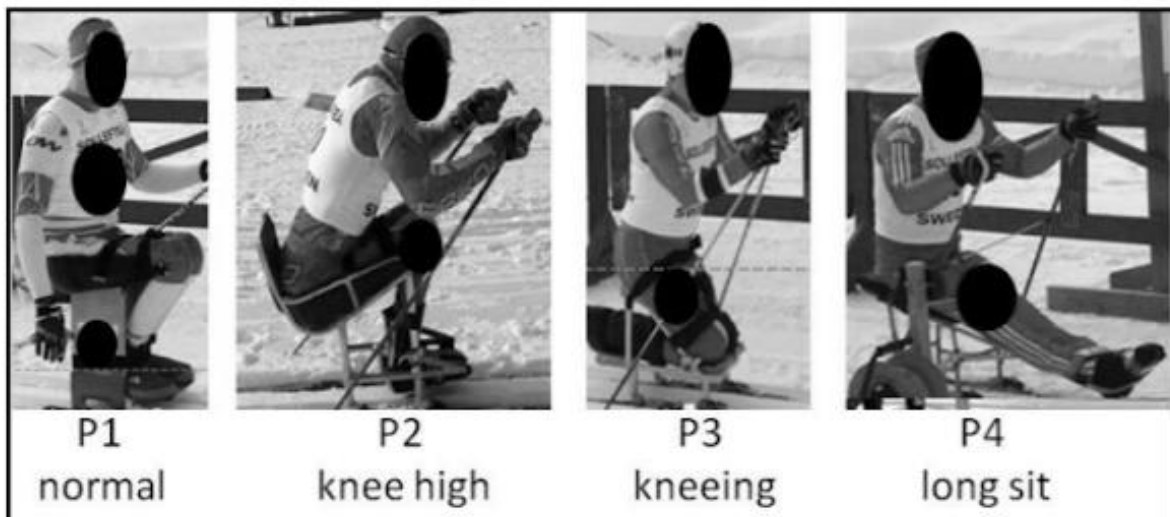
Ut fra våre resultater ved testing i motbakke, ser vi økt blodlaktat ved lavere HR sammenlignet med testing på flatt, noe som støtter anbefalingen om terrengspesifikke intensitetsanbefalinger. LaRoche et al. (2010) studerte variansen av hjertefrekvens under ulike terreng ved bruk av stake- og skøyteknikker. Det kom frem at utøverens HR sannsynligvis

vil variere avhengig av terrenget, noe som antyder at terrenngspesifikk HR kan være vesentlig for å nå og opprettholde den riktige intensitetssonen under trening. Vår studie viste imidlertid kun forskjellen mellom to ulike stigninger innendørs på rulleskimølle. Det anbefales derfor videre forskning i naturlig terreng eller langrennsløyper for ytterligere terrenngspesifikke intensitetsanbefalinger.

Utøverens sittestilling og beinplassering i piggekjelken har innvirkning på kraftgenereringen og ytterligere prestasjon (Masse, Lamontagne & Riain, 1992; Vanlandewijck, Verellen & Tweedy, 2011). Ved langrennspigging finnes fire hovedposisjoner (se bilde 2) brukt under paralympiske konkurranser, hvorav valg av posisjon avhenger av funksjonsnedsettelse. Vår studie ble gjennomført av forsøkspersonene ved bruk av en knestående piggekjelke (SKENO Power Piggekjelke, Oslo) i henhold til P3 på bilde 2. Denne posisjonen er vist å gi størst bevegelsesutslag og er dermed mest effektiv under stakkebevegelsen (Rapp, Rosso, Ohtonen, Gastaldi, Vanlandewijck, Lindinger & Linnamo, 2016). Videre forskning bør dermed sikte seg inn mot å gjennomføre tester, men ved bruk av også de tre andre mulige posisjonene da det kan antas de møter på samme utfordringer ved utelukkelse av underkroppens bidrag.

Bilde 2.

*De fire hovedposisjonene ved Paralympisk langrennspigging. Hentet fra Rapp et al. (2016).*



Som en videre følge av viktigheten ved sittestilling, vil utøverens funksjonsnedsettelse også være en vesentlig faktor. Vår studie tok utgangspunkt i funksjonsfriske utøvere, men bevegelsesbegrensninger ved å låse fast underkrestremitetene til piggekjelken. Ulike skader medfører ulike konsekvenser for paraidrettsutøveren. Idrettsutøvere med tetraplegi og paraplegi medfører manglende sympatisk kontroll til de affiserte underkrestremitetene.

Avhengig av skadegraden i ryggmargen begrenses dermed en gitt mengde aktiv muskelmasse under aktivitet (Hopman et al, 1992). Videre svekkes blodfordelingen til musklene under skadenivået (Thijssen et al., 2009). Idrettsutøvere med tetraplegi med komplett skade over TH1, mangler innervasjonen i hjertet, noe som reduserer  $HR_{peak}$  og følgelig fører til minsket minuttvolum og lavere  $VO_{2peak}$  (West, Gee, Voss, Hubli, Currie, Schmid & Keassioukov, 2015). Det samme gjelder utøvere som har amputert en eller begge underekstremitetene. De har lavere kroppsmasse sammenlignet med funksjonsfriske utøvere. Lav kroppsmasse er relatert til lav absolutt  $VO_{2peak}$  (Bergh, Sjödin, Forsberg & Svedenhag, 1991). Selv om dette bør undersøkes i fremtidige studier, så spekuleres det i at  $VO_{2peak}$  under overkroppstrening er lavere hos amputerte enn hos funksjonsfriske. Dette kan ha sammenheng med hva vi har sett i denne studien; amputerte kan ikke bruke underekstremitetene til stabilisering under stasesyklusen og dermed rekruttere mindre aktiv muskelmasse under langrennspigging.

Samlet sett er det nødvendig med fremtidige studier for å se på hvordan ulike funksjonsnedsettelse hos paralympiske sittende idrettsutøvere påvirker  $VO_{2peak}$ , hjertefrekvens, blodlaktat og se på behov for ytterligere funksjonsspesifikke intensitetsskalaer for å være best tilpasset individets fysiske utgangspunkt.

## 5.6 Betydning for praksis

I konkurransene i langrennspigging handler det om å komme raskest fra start til mål. Trening opp til konkurranser er også en viktig del for langrennspiggere for å kunne prestere på det nivået de ønsker. Derfor er det en vesentlig faktor å ligge i rett intensitetssone under planlagt økt for best mulig effekt (Larson 2006) og dermed kunne bedre prestasjonen under konkurranse. Ut i fra våre resultater anbefales det en egen intensitetsskala for langrennspiggere da utøverne ikke kan relatere til den samme OLT intensitetsskalaen som funksjonsfriske langrennsutøvere benytter under trening med bakgrunn i fysiologiske aspekter nevnt i denne oppgaven. Hensikten med denne studien var å lage en intensitetsskala langrennspiggere kan bruke som et verktøy for kartlegging og registrering av egen utvikling utvikling, samt kunne gjennomføre ytterligere planlegging og oppfølging av treningsøkter.

Et annet relevant punkt for betydning i praksis er idrettsglede. Det kan argumenteres for at det er gøy og motiverende å følge sin egen progresjon i langrennssporet. Og ved hjelp av en intensitetsskala kunne bidra til å få mer utbytte av treningen og følge med på egen utvikling. Vi håper derfor at den nye intensitetsskalaen ikke bare brukes av toppidrettsutøvere, men også av mosjonister.

Fysioterapeuters spesialfelt er kroppens bevegelsesmuligheter, deltakelse i bevegelse og aktivitet på ulike arenaer (Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, 2018). Med sin kunnskap om bevegelsesapparatets muligheter, diagnosers utbredelse og fokus på tilrettelagt aktivitet, er fysioterapeuten en viktig del i arbeidet med idrettsutøvere med ulike funksjonsnedsettelse. Med bakgrunn i funnene i denne studien antas det at forslaget til ny intensitetssonefordeling vil være et viktig verktøy i fysioterapeutens arbeid med langrennspiggen, samt en del av kartleggingsverktøyene brukt i teamet rundt utøveren for best mulig prestasjon hos den enkelte.



## 6.0 KONKLUSJON

I foreliggende studie ble det funnet signifikant forskjell i intensitetsfordelingen ved sittende staking, sammenlignet med intensitet i stående staking gitt ved Olympiatoppens intensitetsskala ( $p < 0.05$ ). Intensitetsskifte fra lav til moderat var fremtredende ved lavere  $\%HR_{peak}$  og  $\%VO_{2peak}$  i sittende staking. Samtidig var BLa høyere under lav og moderat intensitet ved sittende staking sammenlignet med stående staking. FP ved sittende staking nådde ikke maks  $\%VO_{2peak}$  ved høy intensitet som i OLT-skala. Det konkluderes med at det er behov for egen intensitetsskala spesifikt tilpasset langrennspigging.

Ved sammenligning av sittende staking i flatt versus motbakke, fant vi ingen signifikant forskjell i  $\%HR_{peak}$  og  $\%VO_{2peak}$  ( $p < 0.05$ ). Laktatverdiene var imidlertid signifikant høyere ved moderat og høy intensitet i motbakke ( $p > 0.05$ ). Det anbefales derfor en intensitetsskala med egen inndeling av laktatverdiene parallelt med lik inndeling av  $VO_2$  og HR gitt tabell 4.4.

Tabell 4.4.

*Forslag til ny intensitetszoneinndeling tilpasset langrennspigging.*

|                | <b>BORG<br/>Total</b> | <b>BORG<br/>Muskulær</b> | <b>BORG<br/>Ventilasjon</b> | <b><math>\%HR_{peak}</math></b> | <b><math>\%VO_{2peak}</math></b> | <b>BLa0.5%</b> | <b>BLa5%</b> |
|----------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| <b>Høy</b>     | 17-19                 | 16-18                    | 15-17                       | 88-97                           | 73-85                            | 4.6-10.0       | 6.1-10.0     |
| <b>Moderat</b> | 14-16                 | 14-16                    | 13-14                       | 75-86                           | 59-72                            | 3.5-4.5        | 4.1-6.0      |
| <b>Lav</b>     | <11-13                | < 12-13                  | < 10-12                     | 66-74                           | 49-58                            | 0.8-3.4        | 0.8-4.0      |

## 7.0 LITTERATURLISTE

- Ainegren, M., Carlsson, P., Tinnsten, M., & Laaksonen, M. S. (2013). Skiing economy and efficiency in recreational and elite cross-country skiers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(5), 1239-1252.
- Allen, D. G., Lamb, G. D., & Westerblad, H. (2008). Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiological reviews*, 88(1), 287-332.
- Andersen, P., & Saltin, B. (1985). Maximal perfusion of skeletal muscle in man. *The Journal of physiology*, 366(1), 233-249.
- Arena, R., Myers, J., Williams, M. A., Gulati, M., Kligfield, P., Balady, G. J. & Fletcher, G. (2007). Assessment of functional capacity in clinical and research settings: a scientific statement from the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing. *Circulation*, 116(3), 329-343.
- Bassett, D. R., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(1), 70-84.
- Beneke, R., & von Duvillard, S. P. (1996). Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(2), 241-246.
- Beneke, R., Leithäuser, R. M., & Hütler, M. (2001). Dependence of the maximal lactate steady state on the motor pattern of exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 35(3), 192-196.
- Bergh, U., Sjödin, B., Forsberg, A., & Svedenhag, J. (1991). The relationship between body mass and oxygen uptake during running in humans. *Medicine and science in sports and exercise*, 23(2), 205-211.
- Bernardi, M., Guerra, E., Di Giacinto, B., Di Cesare, A., Castellano, V., & Bhambhani, Y. (2010). Field evaluation of paralympic athletes in selected sports: implications for training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(6), 1200-1208. PMID: 19997027
- Bernardi, M., Janssen, T., Bortolan, L., Pellegrini, B., Fischer, G., & Schena, F. (2013). Kinematics of cross-country sit skiing during a Paralympic race. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(1), 94-101.

- Binkhorst, R. A., Oeseburg, B., & Hopman, M. T. (1992). Cardiovascular responses in paraplegic subjects during arm exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 65(1), 73-78.
- Björklund, G., Stöggl, T., & Holmberg, H. C. (2010). Biomechanically influenced differences in O<sub>2</sub> extraction in diagonal skiing: arm versus leg. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(10), 1899-1908.
- Bojsen-Møller, J., Losnegard, T., Kemppainen, J., Viljanen, T., Kalliokoski, K. K., & Hallén, J. (2010). Muscle use during double poling evaluated by positron emission tomography. *Journal of Applied Physiology*, 109(6), 1895-1903.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med sci sports exerc*, 14(5), 377-381.
- Calbet, J. A., Holmberg, H. C., Rosdahl, H., Van Hall, G., Jensen-Urstad, M., & Saltin, B. (2005). Why do arms extract less oxygen than legs during exercise?. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 289(5), R1448-R1458.
- Calbet, J. A., Jensen-Urstad, M., Van Hall, G., Holmberg, H. C., Rosdahl, H., & Saltin, B. (2004). Maximal muscular vascular conductances during whole body upright exercise in humans. *The Journal of physiology*, 558(1), 319-331.
- Coyle, E. F. (1999). Physiological determinants of endurance exercise performance. *Journal of science and medicine in sport*, 2(3), 181-189.
- Danielsen, J., Sandbakk, Ø., McGhie, D., & Ettema, G. (2019). Mechanical energetics and dynamics of uphill double-poling on roller-skis at different incline-speed combinations. *PloS one*, 14(2), e0212500.
- Davis, J. A. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc*, 17(1), 6-21.
- Davis, J. A., Vodak, P., Wilmore, J. H., Vodak, J., & Kurtz, P. (1976). Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 41(4), 544-550.
- Dekerle, J., Caby, I., Marais, G., Lavoie, J. M., Dupont, L., Vanvelcenaher, J., & Pelayo, P. (2002). Ventilatory thresholds in arm and leg exercises with spontaneously chosen crank and pedal rates. *Perceptual and motor skills*, 95(3\_suppl), 1035-1046.
- Dill, D. B., Talbott, J. H., & Edwards, H. T. (1930). Studies in muscular activity: VI. Response of several individuals to a fixed task. *The Journal of physiology*, 69(3), 267-305.

- Eisenman, P. A., Johnson, S. C., Bainbridge, C. N., & Zupan, M. F. (1989). Applied physiology of cross-country skiing. *Sports Medicine*, 8(2), 67-79.
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts. *Sports medicine*, 39(6), 469-490.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., ... & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 109-115.
- Garcin, M., Fleury, A., Ansart, N., Mille-Hamard, L., & Billat, V. (2006). Training content and potential impact on performance: a comparison of young male and female endurance-trained runners. *Research quarterly for exercise and sport*, 77(3), 351-361.
- Gastaldi, L., Pastorelli, S., & Frassinelli, S. (2012). A biomechanical approach to paralympic cross-country sit-ski racing. *Clinical journal of sport medicine*, 22(1), 58-64.
- Hallèn, J. (2002). Hva bestemmer prestasjonen i utholdenhetsaktiviteter. *Artikkel til modulen "Fysiologisk adaptasjon til utholdenhetstrening". Oslo: Norges idrettshøgskole.*
- Hallèn, J. (2004). Det maksimale oksygenopptakets betydning i utholdenhetsidretter. In L. I. Tjelta, & Enoksen, E. (Ed.), *Utholdenhetstrening: Løping, Sykling, Langrenn*. Kristiansand Høyskoleforlaget AS
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjort, N., Bach, R., & Hoff, J. (2007). Aerobic High-intensity intervals improve VO<sub>2</sub>max more than moderate training. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 39, 665-671.
- Hoff, J., Helgerud, J., & Wisloeff, U. L. R. I. K. (1999). Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Medicine and science in sports and exercise*, 31(6), 870-877.
- Hoffman, M. D., & Clifford, P. S. (1992). Physiological aspects of competitive cross-country skiing. *Journal of sports sciences*, 10(1), 3-27.
- Hoffman, M. D., Clifford, P. S., Foley, P. J., & Brice, A. G. (1990). Physiological responses to different roller skiing techniques. *Medicine and science in sports and exercise*, 22(3), 391-396.
- Holmberg, H. C., Lindinger, S., Stöggl, T., Eitzlmair, E., & Müller, E. (2005). Biomechanical analysis of double poling in elite cross-country skiers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(5), 807-818.
- Hopman, M. T., Verheijen, P. H., & Binkhorst, R. A. (1993). Volume changes in the legs of paraplegic subjects during arm exercise. *Journal of Applied Physiology*, 75(5), 2079-2083.

- 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, 25-20.
- International Paralympic Committee handbook. (2007). International Paralympic Committee classification code. Section 2,. Hentet fra: [www. paralympic.org/IPC/IPC\\_Handbook](http://www.paralympic.org/IPC/IPC_Handbook). Accessed November 10, 2011.
- ISMF. (2012). International Ski Mountaineering Federation - Sporting Rules & Regulations, Ranking Rules & Regulations. Hentet 28.12.2019 fra URL: <http://www.ismf-ski.org/>.
- Ivy, J. L., Withers, R. T., Van Handel, P. J., Elger, D. H., & Costill, D. L. (1980). Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *Journal of Applied Physiology*, 48(3), 523-527.
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol*, 586(1), 35-44. doi: 10.1113/jphysiol.2007.143834
- Keyser, R. E., Mor, D., & Andres, F. F. (1989). Cardiovascular responses and anaerobic threshold for bicycle and arm ergometer exercise. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 70(9), 687-691.
- LaRoche, D. P., Amann, M., & Rundell, K. W. (2010). Grade influences blood lactate kinetics during cross-country skiing. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(1), 120-127.
- Larsen, H. B., & Sheel, A. W. (2015). The Kenyan runners. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25, 110-118.
- Larson, A. J. (2006). Variations in heart rate at blood lactate threshold due to exercise mode in elite cross-country skiers. *Journal of strength and conditioning research*, 20(4), 855.
- Losnegard, T., Schäfer, D., & Hallén, J. (2014). Exercise economy in skiing and running. *Frontiers in physiology*, 5, 5.
- Mahood, N. V., Kenefick, R. W., Kertzer, R., & Quinn, T. J. (2001). Physiological determinants of cross-country ski racing performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(8), 1379-1384.
- Marais, G., Dupont, L., Maillet, M., Weissland, T., Vanvelcenaher, J., & Pelayo, P. (2002). Cardiorespiratory and efficiency responses during arm and leg exercises with spontaneously chosen crank and pedal rates. *Ergonomics*, 45(9), 631-639.
- Masse, L. C., Lamontagne, M., & O'Riain, M. D. (1992). Biomechanical analysis of wheelchair propulsion for various seating positions. *Journal of rehabilitation research and development*, 29(3), 12-28.

- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Millet, G., Hoffman, M., Candau, R., & Clifford, P. (1998). Poling forces during roller skiing: effects of grade. *Med Sci Sports Exerc*, Vol. 30, Nr.11, pp. 1637-1644.
- Moseley, L., & Jeukendrup, A. E. (2001). The reliability of cycling efficiency. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(4), 621-627.
- Myers, J., & Ashley, E. (1997). Dangerous curves: a perspective on exercise, lactate, and the anaerobic threshold. *Chest*, 111(3), 787-795.
- Mygind, E. (1995). Fibre characteristics and enzyme levels of arm and leg muscles in elite cross-country skiers. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 5(2), 76-80.
- Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet. (2018). Fysioterapi. Retrieved from <https://www.ntnu.no/studier/hsgftb>
- Pandolf, K. B., Billings, D. S., Drolet, L. L., Pimental, N. A., & Sawka, M. N. (1984). Differentiated ratings of perceived exertion and various physiological responses during prolonged upper and lower body exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 53(1), 5-11. doi:10.1007/bf00964681
- Pendergast, D., Cerretelli, P., & Rennie, D. W. (1979). Aerobic and glycolytic metabolism in arm exercise. *Journal of Applied Physiology*, 47(4), doi:10.1152/jappl.1979.47.4.754
- Perrault, H. (2006). Efficiency of Movement in Health and Chronic. *Adult Growth Hormone Deficiency-Canadian Guidelines Canadian Medicare Atherosclerosis Progression Cardiopulmonary Prevention/Rehabilitation*, 29(2), 117-121.
- Rapp, W., Rosso, V., Ohtonen, O., Gastaldi, L., Vanlandewijck, Y., Lindinger, S., & Linnamo, V. (2016). Role of muscle activation in the sit-skiing performance and classification process. *Science and Nordic Skiing III*, 165-172.
- Reybrouck, T. O. N. Y., Heigenhauser, G. F., & Faulkner, J. A. (1975). Limitations to maximum oxygen uptake in arms, leg, and combined arm-leg ergometry. *Journal of Applied Physiology*, 38(5), 774-779. doi:10.1152/jappl.1975.38.5.774
- Rud, B., Secher, N. H., Nilsson, J., Smith, G., & Hallen, J. (2014). Metabolic and mechanical involvement of arms and legs in simulated double pole skiing. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(6), 913-919.
- Rusko, H. (2003). Physiology of cross country skiing. *Handbook of Sports Medicine and Science: Cross Country Skiing*, 1-31.

- Sandbakk, Ø. (2017). The evolution of champion cross-country-skier training: From lumberjacks to professional athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 254-259.
- Sandbakk, Ø., & Holmberg, H. C. (2017). Physiological capacity and training routines of elite cross-country skiers: approaching the upper limits of human endurance. *International journal of sports physiology and performance*, 12(8), 1003-1011.
- Sandbakk, Ø., & Holmberg, H. C. (2014). A reappraisal of success factors for Olympic cross country skiing. *International journal of sports physiology and performance*, 9(1), 117
- Sandbakk, Ø., Hegge, A. M., & Ettema, G. (2013). The role of incline, performance level, and gender on the gross mechanical efficiency of roller ski skating. *Frontiers in physiology*, 4, 293.
- Sandbakk, Ø., Hegge, A. M., Losnegard, T., Skattebo, Ø., Tønnessen, E., & Holmberg, H. C. (2016). The physiological capacity of the world's highest ranked female cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc.*, p. Published ahead of print.
- Sandbakk, Ø., Holmberg, H. C., Leirdal, S., & Ettema, G. (2010). Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world class and national level sprint skiers. *European journal of applied physiology*, 109(3), 473-481.
- Sandbakk, O., & Holmberg, H. C. (2017). Physiological Capacity and Training Routines of Elite Cross-Country Skiers: Approaching the Upper Limits of Human Endurance. *Int J Sports Physiol Perform*, 1-26. doi: 10.1123/ijsp.2016-0749
- Sandbakk, Ø., & Tønnessen, E. (2012). *Den norske langrennsboka*. Oslo: Aschehoug.
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports medicine*, 34(7), 465-485.
- 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 Occup Physiol*, 55(2), 202.
- Seiler, K. S., & Kjerland, G. Ø. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(1), 49-56.
- Seiler, S., & Tønnessen, E. (2009). Intervals, thresholds, and long slow distance: the role of intensity and duration in endurance training. *Sportscience*, 13(13), 32-53.
- Shephard, R. J., Bouhlel, E., Vandewalle, H., & Monod, H. (1988). Muscle mass as a factor limiting physical work. *Journal of Applied Physiology*, 64(4), 1472-1479.

- Sidossis, L. S., Horowitz, J. F., & Coyle, E. F. (1992). Load and velocity of contraction influence gross and delta mechanical efficiency. *International journal of sports medicine*, 13(05), 407-411
- Smith, G. A. (2000). Cross-country skiing: technique, equipment and environmental factors affecting performance. *Biomechanics in Sport. IOC Encyclopedia of Sports Medicine Series. Oxford: Blackwell Science*, 247-70.
- Smith, G. A., Fewster, J. B., & Braudt, S. M. (1996). Double poling kinematics and performance in cross-country skiing. *Journal of Applied Biomechanics*, 12(1), 88-103.
- Stisen, A. B., Stougaard, O., Langfort, J., Helge, J. W., Sahlin, K., & Madsen, K. (2006). Maximal fat oxidation rates in endurance trained and untrained women. *European journal of applied physiology*, 98(5), 497-506.
- Støren, O., Ronnestad, 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. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182a73e70
- Støren, Ø. (2009). Running and cycling economy in athletes; determining factors, training interventions and testing.
- Stöggl, T. L., & Holmberg, H. C. (2016). Double-poling biomechanics of elite cross-country skiers: flat versus uphill terrain. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(8), 1580-1589.
- Svensson, E. (1994). *Ski skating with champions: "how to ski with [the] least energy"*. *Ski Skating with Champions*. 233-247
- Terzis, G., Stattin, B., & Holmberg, H. (2005). Upper body training and the triceps brachii muscle of elite cross country skiers. *Scand J Med.Sci Sports*.
- Terzis, G., Stattin, B., & Holmberg, H. C. (2006). Upper body training and the triceps brachii muscle of elite cross country skiers. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(2), 121-126.
- Theisen, D. (2012). Cardiovascular determinants of exercise capacity in the Paralympic athlete with spinal cord injury. *Experimental physiology*, 97(3), 319-324. doi:10.1113/expphysiol.2011.063016
- Thijssen, D., Steendijk, S., & Hopman, M. (2009). Blood redistribution during exercise in subjects with spinal cord injury and controls. *Medicine+ Science in Sports+ Exercise*, 41(6), 1249-1254. doi:10.1249/MSS.0b013e318196c902
- 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), e101796.
- Vanlandewijck, Y. C., Verellen, J., & Tweedy, S. (2011). Towards evidence-based classification in wheelchair sports: Impact of seating position on wheelchair acceleration. *Journal of Sports Sciences*, 29(10), 1089-1096.
- Wasserman, K., Hansen, J. E., Sue, D. Y., Stringer, W. W., & Whipp, B. J. (2005). Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(7), 1249.
- Wasserman, K. (1986). The anaerobic threshold: definition, physiological significance and identification. *Advances in cardiology*, 35, 1-23.
- West, C. R., Gee, C. M., Voss, C., Hubli, M., Currie, K. D., Schmid, J., & Krassioukov, A. V. (2015). Cardiovascular control, autonomic function, and elite endurance performance in spinal cord injury. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(4), 476-485. doi:10.1111/sms.12308
- Wisløff, U. L. R. I. K., & Helgerud, J. (1998). Evaluation of a new upper body ergometer for cross-country skiers. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(8), 1314-1320.
- Yasuda, N., Gaskill, S. E., & Ruby, B. C. (2008). No gender-specific differences in mechanical efficiency during arm or leg exercise relative to ventilatory threshold. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 18(2), 205-212.
- Østerås, H., & Stensdotter, AK.. (2011). Medisinsk treningslære [Medical exercise theory].
- Åstrand, P. O., & Rodahl, K. (2003). *Textbook of work physiology: Physiological bases of exercise.*: Human Kinetics.

## VEDLEGG I

### Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «*Fysiologi og bevegelsesmønster i sittende overkropps staking*», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å svare på spørreskjema
- å delta i datainnsamling i lab
- at opplysninger om meg publiseres slik at jeg kan gjenkjennes (alder, vekt, høyde, kjønn og eventuelt funksjonsnedsettelse)
- at mine personopplysninger lagres etter prosjektslutt, til oppfølgingsstudier og arkivering for senere studier

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, ca. 01.06.2021

-----  
-----

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

## VEDLEGG II



Senter for  
toppidrettsforskning

### **Vi søker deltakere til forskningsprosjektet: «Sittende overkroppsstaking i kjelke»**

Vi skal undersøke det maksimale oksygenopptaket, effektiviteten og teknikk under overkroppsstaking sittende i kjelke på rulleskimølle hos godt trente mannlige idrettsutøvere.

Vi vil gjerne ha med deg som:

- Er langrennsløper
- Trener langrennsspesifikk utholdenhets- og styrketrening flere ganger i uka
- Har god overkropps- og stakekapasitet
- Er mellom 18-50 år

Prosjektet inkluderer:

- To testdager i september/oktober 2019
- Hver testdag varer ca. 1t 30 min og omfatter klargjøring, submaksimale- og maksimale tester

Testingen er god trening, og du får innsikt i dine egne resultater etter testene. Hvis det er ønskelig kan du få en løps  $VO_{2maks}$  test for å være med i prosjektet.

Dersom du er interessert i å delta eller har spørsmål angående prosjektet, ta kontakt med:

- Stipendiat Camilla Høivik Carlsen (45240788 eller [camilla.h.carlsen@ntnu.no](mailto:camilla.h.carlsen@ntnu.no)).
- Forsker David McGhie (98641024 eller [david.mcghie@ntnu.no](mailto:david.mcghie@ntnu.no))

## VEDLEGG III

### BORGSSKALA (Borg, 1972)

**Table 1. The 15-grade scale for ratings of perceived exertion, the RPE Scale. (3)**

---

---

|    |                  |
|----|------------------|
| 6  |                  |
| 7  | Very, very light |
| 8  |                  |
| 9  | Very light       |
| 10 |                  |
| 11 | Fairly light     |
| 12 |                  |
| 13 | Somewhat hard    |
| 14 |                  |
| 15 | Hard             |
| 16 |                  |
| 17 | Very hard        |
| 18 |                  |
| 19 | Very, very hard  |
| 20 |                  |

---