

# MASTEROPPGAVE

Emnekode:

MKØ210

Navn på kandidat:

Torkel Moeng Sende

---

Effekt av ulik stavlengde på fysiologiske og kinematiske variabler i dobbeldans skøyting

Effect of different pole length on physiological and kinematical variables in G3 skating

---

Dato: 14.05.17

Totalt antall sider: 43

## Sammendrag

Mastergradsoppgave Kroppsøving og idrettsvitenskap, Nord Universitet, Levanger. 14.05.17

**Hensikt:** Undersøke hvordan ulik stavlengde i dobbeldans i skøyting påvirket fysiologiske, subjektive og kinematiske responser hos godt trente langrennsløpere og skiskyttere.

Stavlengdens betydning ble undersøkt i både bratt og slak motbakke. **Metode:** Ti mannlige konkurranseløpere i langrenn og skiskyting ( $20,1 \pm 2,8$  år,  $180,6 \pm 3,3$  cm høy,  $73,1 \pm 4,6$  kg) gjennomførte to submaksimale protokoller i dobbeldans friteknikk. Testene ble gjennomført med rulleski på tredemølle. Den første testen var en protokoll der stigningen (7,9,11 %) ble brukt til å øke intensiteten, mens hastigheten var konstant på 10 km/t. Den andre testen var en protokoll der hastigheten (14, 17, 20 km/t) ble brukt til å øke intensiteten og stigningen var konstant på 4 %. Det ble under begge testene gjennomført 6 submaksimale intervaller på 5 minutter med 1 min pause mellom hver intervall, fordi forsøkspersonene gikk hver submaksimale intervall to ganger; en gang med lav stav og en gang med høy stav. Hvilken stav man startet og avsluttet med, ble krysset mellom forsøkspersonene etter følgende rekkefølge på de seks submaksimale dragene: lav-høy, høy-lav, lav-høy eller høy-lav, lav-høy, høy-lav. Lav stavlengde tilsvarte 90 % av kroppshøyde, mens høy stavlengde tilsvarte 94 % av kroppshøyde. På alle testene ble oksygenopptak ( $VO_2$ ), laktatkonsentrasjon i blod (BLa), hjertefrekvens (HF) og ratings of perceived exertion (RPE) målt. I tillegg ble effektiviteten (gross efficiency, GE) kalkulert på alle submaksimale hastigheter for å finne energikostnadene. Kinematiske målinger (syklustid, syklusfrekvens, sykluslengde og knevinkel) ble gjort på høyeste hastighet på begge protokollene. **Resultat:** Lavere  $O_2$ -kostnad og høyere GE med høy vs. lav stav på bratteste stigning (11 %). Høyere GE på laveste (14 km/t) og høyeste (20 km/t) hastighet med høy vs. lav stav. I tillegg var knevinkel større med høy stav på bratteste stigning (11 %) og høyeste hastighet (20 km/t) sammenlignet med lav stav. Det var ingen forskjell i RPE, HF, BLa eller stavkinematikk mellom høy og lav stavlengde på noen intensiteter. **Konklusjon:** Høy stav fører til lavere  $O_2$  kostnad og høyere effektivitet (GE) på bratteste stigning, samt høyere GE på høyeste hastighet sammenlignet med lav stavlengde.

**Nøkkelord:** Langrenn, stavlengde, skøyting, dobbeldans, oksygenkostnad, effektivitet, kinematikk

## Abstract

Master thesis Sport Science, Nord University, Levanger. 14.05.17. **Purpose of the study:** Investigate how different pole length in G3 skating affect physiological, perceptual and kinematical responses for well-trained cross-country skiers and biathletes. The significance of pole length was investigated in flat and level terrain. **Methods:** Ten male competitive cross-country skiers and biathletes ( $20.1 \pm 2.8$  yr,  $180.6 \pm 3.3$  cm,  $73.1 \pm 4.6$  kg) conducted two submaximal protocols of G3 skating by using roller skis on a treadmill. The first protocol consisted of a test where the incline (7, 9, 11%) was used to increase the intensity at a constant speed of 10 km/h. In the second protocol conducted, the intensity were increased by speed (14, 17, 20 km/h) and the incline was held constant at 4%. For both test, six submaximal intervals of 5-min were conducted with a 1-min recovery time between each interval, since the skiers performed each submaximal interval twice: once with the low pole and once with the long pole. The subjects either started the first interval with the low pole and ended the last interval with the long pole (low-long, long-low, low-long), or started with the long pole and ended with the low pole (long-low, low-long, long-low). Low pole were equal to 90% of body height, and long pole were equal 94% of body height. In each tests, maximal oxygen uptake ( $\text{VO}_2$ ), blood lactate (BLa), heart rate (HR), and rating of perceived exertion (RPE) were measured. Furthermore, to find the energy cost, gross efficiency (GE) were calculated on every submaximal speeds. Kinematic variables (cycle time, cycle rate, cycle length and knee angle) were measured on the highest intensity (11 % and 20 km/h). **Results:** Long pole leads to lower  $\text{O}_2$  cost and a higher GE on 11% when comparing with low pole. Long pole also show a higher GE on both low (14 km/h) and high speed (20 km/h). Furthermore, the knee angle were greater when using long pole on the highest incline (11%) and the highest speed (20 km/h). There were no differences in RPE, HR, BLa or pole kinematics between long and low pole length on any of the intensities. **Conclusion:** Long pole result in lower  $\text{O}_2$  -cost and a higher GE for the highest incline, as well as a greater GE on the highest speed compared with low pole.

**Key words:** Cross-country skiing, pole length, skating, G3,  $\text{O}_2$ -cost, gross efficiency, kinematic

## **Innholdsfortegnelse**

1.0 Introduksjon .....	1
2.0 Metode.....	8
2. 1 Metodisk tilnærming til problemstillingen.....	8
2. 2 Forsøkspersoner .....	9
2. 3 Prosedyrer.....	9
2. 3. 1 Submaksimale tester.....	10
2. 3. 2 Prestasjonstester .....	14
2. 3. 3 Utstyr.....	16
2. 4 Statistisk analyse .....	18
3. 0 Resultat.....	19
3. 1 Utholdenhetsprestasjon og peak aerob kapasitet.....	19
3.2 Submaksimale responser på protokoll med økende stigning .....	19
3.3 Submaksimale responser på protokoll med økende hastighet.....	23
4. 0 Diskusjon.....	28
4. 1 Metodiske forhold og videre arbeid .....	31
4.2 Praktiske konsekvenser .....	31
5. 0 Konklusjon .....	32
6. 0 Etterord.....	32
Litteraturliste .....	33
Vedlegg .....	36

## 1.0 Introduksjon

Langrenn har vært på vinter-OL programmet siden Chamonix, Frankrike, i 1924. Mer effektiv trening, store forbedringer i utstyr og bedre løypepreparering, har gjort at hastigheten i langrenn har utviklet seg mer enn noen annen Olympisk utholdenhetsidrett (Sandbakk & Holmberg, 2014). I langrenn konkurreres det i stilartene fristil og klassisk. Innenfor fristil er det skøyting som er den dominerende teknikken. Skøyting og klassisk har begge forskjellige delteknikker som utøverne velger etter løypas topografi, med mål om å opprettholde høyest mulig hastighet (Bilodeau, Boulay, & Roy, 1992; Nilsson, Tveit, & Eikrehagen, 2004). Utvikling og forbedring av delteknikkene har vært et viktig bidrag til utvikling av hastighetene i langrenn og skiskyting. Skøyterevolusjonen på 1980 og 90 tallet og nå stakerevolusjon er eksempler på dette. Felles for begge disse revolusjonene og en forutsetning var økt stavlengde og at bruken av festesmurning ble borte.

Forskning har tidligere vist at økt stavlengde gir lavere oksygenkostnad ( $O_2$ -kostnad) i staking (Losnegard et al., 2016). Teknikkene staking og dobbeldans ser ut til å ligne hverandre mye i muskelbruk og anvendelsesområde (Myklebust, Losnegard, & Hallén, 2014). De senere årene har stakerevolusjonen medført en del forskning på hvorfor høy stavlengde er effektivt i staking (Hansen & Losnegard, 2010; Hoffman et al., 1994; Losnegard et al., 2016; Nilsson, Jakobsen, Tveit, & Eikrehagen, 2003). Ut fra min kjennskap til temaet, mangler det imidlertid forskning på den optimale stavlengde i skøyting. Vi har sett at enkelte utøvere på et høyt internasjonalt nivå har eksperimentert med å bruke dobbeltdans i alle deler av løypa. Det er mindre kjent om de samtidig har tilpasset stavlengden til disse eksperimentene. Derfor vil det være interessant å undersøke hvordan økt stavlengde i dobbeldans påvirker fysiologiske, subjektive og kinematiske responser hos langrennsløpere og skiskyttere i dobbeldans.

Arbeidsøkonomi kan defineres som et mål på mengden energi brukt over en distanse ved en gitt belastning (Di Prampero, 2003; Frøyd, Madsen, & Sæterdal, 2005), og kan beregnes ved ulike metoder (Losnegard, 2013; Sandbakk, Holmberg, Leirdal, & Ettema, 2010). Gross efficiency (GE) er beregnet som det ytre arbeidet som blir utført, i forhold til den indre energiproduksjonen (Bassett & Howley, 2000; Sandbakk et al., 2010). I tillegg blir ofte arbeidsøkonomi beregnet ved å måle steady-state oksygenopptak der anaerobt bidrag er

uvesentlig (Hughson, 2009). Steady- state oksygenopptak blir brukt for å kunne oppnå valide oksygenmålinger av den ytre belastningen. Hughson (2009) peker på at steady state nåes etter 1-2 min ved små intensitets økninger, og >3 min ved moderat/stor økning. Respiratory exchange ratio (RER) blir anvendt for å kontrollere at forsøkspersonene jobber under aerobe forhold (Noordhof, De Koning, and Foster (2010). Arbeidsøkonomi angitt etter O<sub>2</sub>-kostnad kritiseres for å ikke ta hensyn til kroppens totale energiproduksjon (Losnegard, 2013). Derimot er det funnet høye korrelasjoner mellom O<sub>2</sub>-kostnad og GE i både staking og dobbeldans (Losnegard, Schäfer, & Hallén, 2014). Gross efficiency pekes derimot på å være den mest relevante måten å beregne arbeidsøkonomi på (Ettema & Loras, 2009). Innenfor både klassisk og skøyting er det funnet sterke sammenhenger mellom arbeidsøkonomi og langrennprestasjon (Ainegren, Carlsson, Tinnsten, & Laaksonen, 2013; Sandbakk et al., 2010; Sandbakk, Holmberg, Leirdal, & Ettema, 2011).

Larson (2006) peker på at om en utøver forbedrer arbeidsøkonomien kan utøveren holde en høyere fart på samme energiomsetning eller oksygenopptak. Dette kan være med å forklare hvorfor utøvere som ikke har økning i maksimalt oksygenopptak, likevel har prestasjonsfremgang. I følge Scrimgeour, Noakes, Adams, and Myburgh (1986) vil varigheten (antall timer) i en spesifikk bevegelsesform være den faktoren som i størst grad kan føre til en positiv effekt på arbeidsøkonomien. Dette kan være med å forklare hvorfor eldre løpere som ikke har økning i VO<sub>2max</sub>, likevel forbedrer prestasjonen.

Staking innenfor klassisk langrenn har de siste årene utviklet seg mye (Losnegard et al., 2016; Stöggl & Holmberg, 2016; Stöggl & Holmberg, 2011). Bedre løypeforhold, forbedring av ski og staver, effektivisering av overkroppsarbeidet, samt høyere hastighet har resultert i at staking blir brukt hyppigere under konkurranser (Losnegard, 2013; Saltin, 1997). Tidligere forskning viser at staking er mer arbeidsøkonomisk, sammenlignet med de andre delteknikkene innenfor klassisk, spesielt i flatt-terreng og moderat stigning (Hoffman et al., 1994; Pellegrini et al., 2013). To studier har vist hvordan ulik stavlengde påvirker O<sub>2</sub>-kostnaden innenfor staking (Hoffman et al., 1994; Losnegard et al., 2016). Tre studier har i tillegg sett på stavlengdes betydning under maksimalt arbeid i staking (Hansen & Losnegard, 2010; Losnegard et al., 2016; Nilsson et al., 2003).

Tidlig på 1990 tallet fant Hoffman et al. (1994) ingen signifikant forskjell i hjertefrekvens og O<sub>2</sub>-kostnad mellom selvvalgt stavlengde (83 % av kroppshøyde) og høy stavlengde (89 % av kroppshøyde) på 1,7 % stigning. Gjennomsnittsverdier for O<sub>2</sub>-kostnad, hjertefrekvens, RER, og ratings of perceived exertion (RPE) var likevel høyere med selvvalgt stav vs. høy stavlengde, da uten å finne signifikante forskjeller. Senere har derimot Losnegard et al. (2016) funnet lavere O<sub>2</sub>-kostnad ved økt stavlengde innenfor staking. Studien ble gjennomført gjennom to identiske protoller på rulleskimølle der forsøkspersonene brukte lav (84 % av kroppshøyde) og høy stavlengde (lav + 7,5 cm; 88 % av kroppshøyde). Forsøkspersonene gjennomførte tre submaksimale drag på 5 minutter på 10,8, 12,6, og 14,4 km/t på 4,4 % stigning. Med høy stavlengde var O<sub>2</sub>-kostnaden signifikant lavere på alle hastigheter, sammenlignet med lav stavlengde (P=0,002). Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i hjertefrekvens eller RPE under de submaksimale hastighetene.

Nilsson et al. (2003) gjennomførte en maksimaltest på rulleskimølle der underlaget var flatt (0 % stigning). Forsøkspersonene gjennomførte testene med tre ulike stavlengder: Selvvalgt (82 % av kroppshøyde), 7,5 cm høyere (86 % av kroppshøyde), og 7,5 cm lavere (78 % av kroppshøyde). Hovedfunnet i studien var signifikant lengre impulsvarighet i stavtakfasens fremre til bakre posisjon (poletime) når forsøkspersonene brukte høy, vs. selvvalgt og lav stav. Forsøkspersonene hadde i tillegg en signifikant hurtigere framføring av stavene etter stavgaket (swing time) med høy vs. lav stavlengde. Hansen and Losnegard (2010) sammenlignet innenfor staking selvvalgt (84 % av kroppshøyde) med 7,5 cm høyere (88 % av kroppshøyde) og 7,5 cm lavere stavlengde (80 % av kroppshøyde) i en 80 m makstest utendørs (ski). Resultatene viste at tiden på 80 m var  $0,9 \pm 0,7$  % kortere med høye staver sammenlignet med selvvalgt stavlengde, mens tiden med lav stav sammenlignet med selvvalgt stav var  $1,2 \pm 1,0$  % langsommere. Losnegard et al. (2016) gjennomførte en 1000 meter prestasjonstest på rulleskimølle der startfarten var 17,1 km/t første 100 m, økning til 18 km/t fra 100-200 m, og siste 800 ble med gjennomført med selvvalgt hastighet. Prestasjonstesten viste at forsøkspersonene med høy stav reduserte tiden på 1000 meters testen med  $1,0 \pm 0,7$  % sammenlignet med lav stavlengde.

Stöggl and Holmberg (2016) undersøkte biomekaniske variabler i staking mellom flatt (1,7 % stigning;) og motbakketerreng (12,2 % stigning). Hensikten med studien var å identifisere faktorene som avgjør prestasjonen, og undersøke om raske skiløpere i flatt terreng, også var de raskeste i motbakkene. De biomekaniske forholdene ble analysert på en høy og en medium submaksimal intensitet (28,5 km/t og 24 km/t) og (15 km/t og 13 km/t), på henholdsvis flatt og motbakke. De respektive hastighetene på flatt og motbakke ble valgt på bakgrunn av estimering av konkurransefart i henholdsvis sprint og distanselangrenn. Resultatene viste at syklusfrekvensen (antall stavisett pr. sekund) var 28 % høyere i motbakke sammenlignet med flatt terreng, samt at syklusfrekvensen økte med økende hastighet. Sykluslengden (tiden fra staven treffer bakken, til den treffer bakken på nytt) var 23 % kortere i motbakke enn ved flatt terreng og upåvirket av hastighet. Poletime var 56 % lengere, mens swing time var 48 % kortere i motbakke vs. flatt. Under samme studie ble også helkroppskinematikk kalkulert (kroppsstammevinkel mot vertikal akse; ankelvinkel; albue, hofter og kne). Studien viste at forsøkspersonens knevinkel på det laveste igjennom syklusen var  $125 \pm 6^\circ$  på 24 km/t, sammenlignet med  $109^\circ$  på 13 km/t. Studien viste at forsøkspersonene hadde en større knevinkel, på flatt terreng vs. bratt terreng, da hastigheten var estimert til konkurransefart under distanselangrenn.

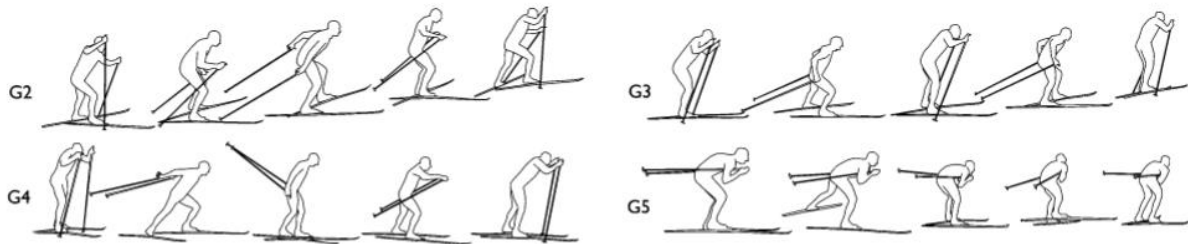
Losnegard et al. (2016) undersøkte vertikal forflytning av tyngdepunktet i kroppen fra det laveste (29 % av syklustid) til det høyeste punktet (92 % av syklustid) på 14,4 km/t og 4,4 % stigning. Resultatene viste en tendens til at forflytningen av tyngdepunktet var mindre med høy enn med lav stav ( $23,3 \pm 3,0$  vs.  $24,3 \pm 3,0$  cm). Sandbakk, Leirdal, and Ettema (2015) undersøkte forskjellene i kinematiske forhold mellom dobbeldans og staking.

Forsøkspersonene gjennomførte 5 minutter submaksimalt arbeid på 16 km/t og 5 % stigning, i dobbeldans og staking. Resultatene viste at under submaksimalt arbeid på samme hastighet /stigning, resulterte dobbeldans i 16 % lengere sykluslengde, og tilsvarende lavere syklusfrekvens.

Siden skøyteteknikkens inntog under konkurranser i 1985 har det skjedd en enorm utvikling av teknikken (Kvamme, Jakobsen, Hetland, & Smith, 2005). Årsaken til det er introduksjon av nye typer konkurranser som sprint og fellesstarter, endringer av løypeprofiler samt forbedring av utstyr og løyper (Holmberg, Lindinger, Stöggl, Eitzlmair, & Müller, 2005;



Stöggl, Muller, & Lindinger, 2008). I skøyteknikken bruker skiløperen som oftest fire delteknikker som blir omtalt som gir (G2-5; Figur 1). Skiløperen kontrollerer hastigheten ved å bruke forskjellige gir avhengig av terrenget, og skiløperen regulerer sykluslengden og/eller syklustiden ved å bruke girsystemet (Nilsson et al., 2004; Sandbakk & Tønnessen, 2012). Kvamme et al. (2005) peker på viktigheten av å velge riktig gir avhengig hastigheten, terrenget og føreforholdene utøveren møter.



**Figur 1.** Fire av de mest brukte teknikkene innenfor skøyting: padding (G2), dobbeldans (G3), enkeldans (G4), og friskøyting (G5). Illustrasjonene beskriver starten av en syklus, gjennomføring av syklusen, til syklusen start på nytt. Figur etter: (Andersson et al., 2010).

Padding (G2) er en motbakketeknikk som kjennetegnes ved at man holder den ene staven, hengarmen, høyere enn den andre. Stavene settes i bakken samtidig med at skiene treffer bakken, og man gjennomfører stavgang på samme side som hengarmen. På motsatt side skyver utøveren med beina samtidig som stavene går i en pendel fremover igjen. Dobbeldans (G3) er en teknikk som ofte brukes i flat terreng og i slak motbakke. Dobbeldans gjennomføres med skyv med begge armene samtidig man skyver med beina på begge sider gjennom syklusen. Enkeldans (G4) blir mest bruk på flat underlag og slakt nedover. Enkeldans gjennomføres med at stavene brukes på hvert andre beinfraskyv. Stavgang gjennomføres under hengsidens glidfase. Friskøyting (G5) er en teknikk som brukes i høy hastighet der det ofte når slakt nedover. Friskøyting kjennetegnes ved at man skøyter uten staver med beinfraskyv, der armene jobber i en pendel langs kroppen (Sandbakk & Tønnessen, 2012).

Teknikken hos en utøver vil være en vesentlig del av en utøvers arbeidsøkonomi. Avgjørende er også muskelfibrenes sammensetning, musklens kontraksjonshastighet/effektivitet og samspillet mellom musklene. Holmberg et al. (2005) definerer teknikk som best mulig timing

mellom de ulike kroppsdelene og underlaget man beveger seg på. Rusko (2003) peker på at det er de store linjene og ikke detaljene som er viktig for en god teknikk. Fremdrift der komponentene av reaksjonskraften som går i fartsretningen er det viktigste punktet for en god teknikk (Rusko, 2003). Sandbakk and Tønnessen (2012) peker på at farten i de fleste teknikker i langrenn er summen av skyvet med ski og staver. Teknikken sitter godt når man kjenner at kraften går igjennom kroppen og man «treffer» på hvert skyv. Kraftimpulsen man legger i hvert skyv pekes på som en viktig faktor innen skøyting. En effektiv teknikk kjennetegnes av at kraftimpulsen blir skapt av skyvekraften som skapes vinkelrett på skiene der sideveisfriksjon er størst, og der vinklingen av skiene er minst. For best mulig utnyttelse av skyvekraften bør reaksjonskraften fra underlaget gå gjennom kroppens tyngdepunkt og akselerere kroppen i bevegelsesretningen. Forskjellige terrengetyper kan avgjøre hvilken frekvens man skal bruke, da dette også vil virke som et «girsystem» (Sandbakk & Tønnessen, 2012)

Padling har tidligere blitt ansett som den mest effektive motbacketeknikken. Man ser nå at stadig flere bruker mer dobbeldans i motbakkene (Kvamme et al., 2005). Dobbeldans har i ulike tidligere studier blitt sammenlignet med padling. Myklebust et al. (2014); Nilsson et al. (2004); Smith, Kvamme, and Jakobsen (2009) fant alle en lavere syklusfrekvens og lengre sykluslengde i dobbeldans vs. padling. Myklebust et al. (2014) fant i sin studie en høyere kraftinnsats (watt) på hengstaven vs. fristaven i padling, noe som samsvarer med andre studier (Smith, Nelson, Feldman, & Rankinen, 1989; Stöggl, Kampel, Müller, & Lindinger, 2010). Innsattstiden mellom den beste og den dårligste siden i dobbeldans er signifikant mindre enn i padling (Myklebust et al., 2014).

Flere studier har vist at under konkurranser produserer eliteutøvere innenfor langrenn en større mengde work rate (watt) i motbakker sammenlignet med flat terreng (Norman & Komi, 1987; Sandbakk, Ettema, Leirdal, Jakobsen, & Holmberg, 2011). Sandbakk, Ettema, and Holmberg (2012) undersøkte hvordan stigningen hadde påvirkning på GE i dobbeldans. Studien ble gjennomført på 2 og 8 % stigning på rulleskimølle, der forsøkspersonene gjennomførte tre submaksimale drag på lav (71 %  $HF_{max}$ ), middels (79 %  $HF_{max}$ ), og høy (86 %  $HF_{max}$ ) intensitet. Metabolic rate var kalkulert til å være lik under forsøket. Resultatene viste at forsøkspersonene gikk mer effektivt (GE:12 vs. 10 %) på lav intensitet på 8 vs. 2 % stigning. Det samme tendensen så man også på moderat (GE: 14,6 vs. 11,7 %) og høy

intensitet (GE: 16,4 vs.13,0 %). Forsøkspersonene var mer effektive (GE) på 8 vs. 2 %, og de gikk mer effektivt (GE) desto høyere intensiteten ble.

Valget av teknikken dobbeldans begrunnes med at denne regnes som en teknikk som gir høyere hastighet en for eksempel padling. Den har i den senere tiden i større grad blitt brukt som teknikk i motbakke (Svartdal, 2010). Andersson et al. (2010) viste i sin forskning at bedre skiløpere i større grad brukte dobbeldans sammenlignet med mindre gode langrennsløpere. Tross at dobbeltdans kan se ut til å være mere effektivt en padling, har vi ingen indikatorer på at dette brukes gjennom en hel konkurranse i homologiserte FIS løyper. Det er heller ikke funnet forskning som har eksperimentert med høyere staver for å kunne utnytte denne teknikken i alle typer terreng. Stakerevolusjon og likheten i bevegelsesmønsteret med staking gjør at dette vil være interessant å undersøke. Vil høyere staver øke effektiviteten og redusere O<sub>2</sub>-kostnaden, og muliggjøre bruk av dobbeldans i alle typer terreng slik som staking har gjort i klassisk langrenn?

Hensikten med denne studien var derfor å studere hvordan ulik stavlengde i dobbeldans påvirket fysiologiske (O<sub>2</sub>-kostnad og gross efficiency), subjektive (RPE) og kinematiske (syklustid, sykluslengde og knevinkel) responser hos godt trente langrennsløpere og skiskyttere. Hypotesen var at høy stavlengde gir lavere O<sub>2</sub>-kostnad og høyere GE sammenlignet med lav stavlengde i dobbeldans- teknikk innenfor fristil langrenn, ved økende intensitet på tredemølle. Intensiteten ble økt ved enten økning i stigning på konstant hastighet, eller økning i hastighet på konstant stigning.

## 2.0 Metode

### 2.1 Metodisk tilnærming til problemstillingen

Studien ble gjennomført på rulleskimølle ved Meråker videregående skole/Nord Universitet i tidsrommet november 2016- mars 2017. Tiden mellom hver testdag for forsøkspersonene ble satt til minimum 7 døgn.

For å studere hvordan forskjellige stavlengder har påvirkning på fysiologiske, subjektive og kinematiske responser i friteknikk i langrenn, ble det gjennomført to ulike tester i dobbeldans på rulleskimølle i et krysset design. Den første testen var en submaksimaltest på tre intensiteter med økende stigning ( $SUB_{stig}$ ) på tredemølle i bratt motbakke (7,9 og 11 %) med fast hastighet på 10 km/t. Den andre submaksimale testen som ble gjennomført hadde fast stigning (4%), men her ble hastigheten brukt til å øke intensiteten ( $SUB_{hast}$ ; 14, 17, og 20 km/t). Begge de submaksimale testene ble etterfulgt av en prestasjonstest i henholdsvis bratt (11 % stigning) og slak motbakke (4 %) med økende hastighet til utmattelse for å måle peak oksygenopptak ( $VO_{2\ peak}$ ). Felles for  $SUB_{stig}$  og  $SUB_{hast}$  var at de begge ble gjennomført med to ulike stavlengder. Lav stav (definert opp til haka) og høy stav (7,5 cm lengre) ble satt som uavhengig variabel under forsøket. Prestasjonstestene ble gjennomført med selvvalgt stavlengde. På alle testene ble de avhengige variablene oksygenopptak ( $VO_2$ ), laktatkonsentrasjon i blod (BLa), hjerterefrekvens (HF) og ratings of perceived exertion (RPE) målt. I tillegg ble effektiviteten (gross efficiency, GE) kalkulert på alle submaksimale hastigheter for å finne energikostnadene (Ettema & Loras, 2009). Kinematiske målinger (syklustid, syklusfrekvens, sykluslengde og knevinkel) ble gjort på høyeste submaksimale hastighet på  $SUB_{stig}$  og  $SUB_{hast}$ .

## **2. 2 Forsøkspersoner**

Ti menn, seks langrennsløpere og fire skiskyttere, ble rekruttert som forsøkspersoner i denne studien (alder:  $20,1 \pm 2,8$  år gammel, høyde:  $180,6 \pm 3,3$  cm,  $73,1 \pm 4,6$  kg). Det var ingen endring i vekt hos forsøkspersonene i løpet av testperioden. Alle forsøkspersonene var elever ved langrenn/skiskytterlinje på videregående skole eller idrettsstudenter ved universitet der de hadde langrenn som konkurranseidrett. Alle forsøkspersonene var godt vant med å trene på rulleski, og hadde mellom 1-7 års erfaring med å gå på rulleski på tredemølle.

Langrennsløperne hadde i gjennomsnitt  $147 \pm 83$  FIS poeng ved studiets start, mens blant skiskytterne hadde alle topp 10 plasseringer fra junior norgescup eller norgesmesterskap sesongen 2015- 2016. Forsøkspersonene hadde i gjennomsnitt deltatt i norgescup eller nasjonale konkurranser i  $3,8 \pm 1,9$  år (range: 2-8 år) før deltagelse i studien. Studien ble fremleggingsvurdert til Regional etisk komite (saksnummer: 2016/1856), meldt inn til Personvernombudet for forskning og utført i henhold til Helsinki- deklarasjonens etiske prinsipper for forskning på mennesker. Alle forsøkspersonene ble både muntlig og skriftlig (vedlegg 1) informert om studiens hensikt før de ble med på studien, og at de kunne når som helst trekke seg fra studien uten å oppgi grunn. Samtlige forsøkspersoner var over 18 år ved studiens start.

## **2. 3 Prosedyrer**

Forsøkspersonene skulle ikke gjennomføre hard eller utmattende trening dagen før test, og ikke spise nærmere enn 2 timer før testen. Forsøkspersonene ble bedt om å forberede seg på samme måte i dagene før testen som om de skulle gjennomføre en konkurranse.

Forsøkspersonene ble bedt om å være godt ernært og påse at de var hydrert før testen. Hvis forsøkspersonene ønsket å innta væske under testen ble dette tillatt. Forsøkspersonene ble også bedt om å holde fokus på teknikken på samme måte som de gjorde under konkurranser. Alle forsøkspersonene gjennomførte testene i shorts, mens det varierte om det gikk i bar overkropp eller med en lett t-skjorte på overkroppen. Romtemperaturen under testene var i gjennomsnitt  $18,6 \pm 0,90$  °C, mens luftfuktigheten var på 50 %.

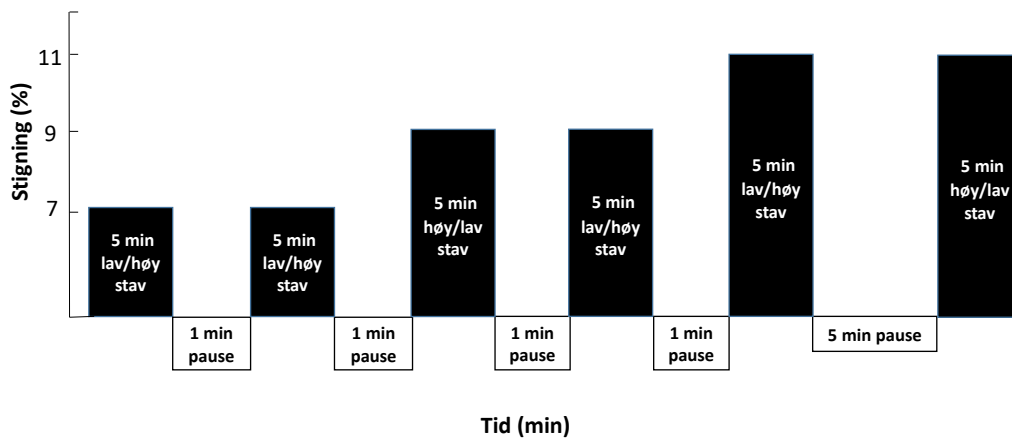
### 2. 3. 1 Submaksimale tester

Generell oppvarming med 10 minutter løping på tredemølle på 10 % stigning, 60-72 % av  $HF_{max}$  ble gjennomført før  $SUB_{stig}$  og  $SUB_{hast}$ . Deretter ble det under  $SUB_{stig}$  og  $SUB_{hast}$  gjennomført 6 submaksimale drag på 5 minutter, med 1 minutt pause mellom trinnene for måling av BLA. For å holde det anaerobe bidraget til et minimum på siste submaksimale intervall ble den aktive pausen økt fra 1 til 5 minutter 60-72 % av  $HF_{max}$  i dobbeldans.  $SUB_{stig}$  ble gjennomført med en konstant fart på 10 km/t, mens stigningen økte hvert andre drag. Det ble gjennomført to drag på 7, 9 og 11 % stigning, slik at hver stigning ble gjennomført med både lav og høy stav (Figur 2).  $SUB_{hast}$  ble gjennomført med en konstant stigning på 4 %, mens hastigheten økte hver andre drag. Det ble gjennomført to drag på 14, 17, og 20 km/t, slik at hver hastighet ble gjennomført med både lav og høy stav (Figur 3). Lav stav var i gjennomsnittlig  $161,5 \pm 3,5$  cm lang, mens høy stav var i gjennomsnitt  $169,0 \pm 3,5$  cm lang. Lav stav tilsvarte 90 % av kroppshøyden hos forsøkspersonene, mens høy stav tilsvarte 94 % av kroppshøyden. Hvilken stav man startet og avsluttet med, ble krysset mellom forsøkspersonene etter følgende rekkefølge på de seks submaksimale dragene: lav-høy-høy-lav-lav-høy eller høy-lav-lav-høy-høy-lav. Den totale varigheten på hver av  $SUB_{stig}$  og  $SUB_{hast}$  var på 43 minutter. Oksygenopptak og HF ble målt under hele testen, og gjennomsnitt av det siste minuttet ble brukt i videre analyse. Ratings of perceived exertion ble registret ved slutten av hvert drag ved bruk av RPE 6-20 skjema (Borg, 1982). Laktatkonsentrasjon i blod ble målt etter hvert drag. Gross efficiency ble beregnet ut fra følgende formel som beskrevet i (Sandbakk et al., 2010):

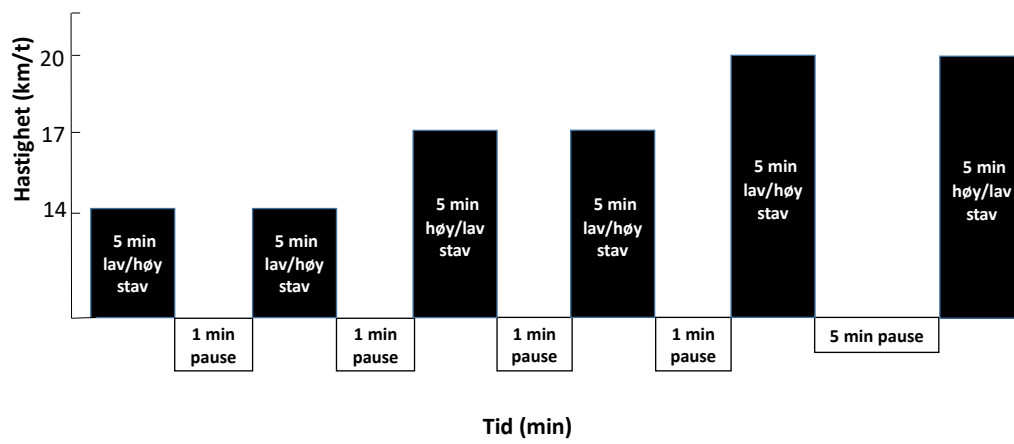
$$\text{Gross efficiency (\%)} = \text{work rate (watt)} / \text{aerobic metabolic rate (watt)}$$

Kinematiske målinger ble gjort på bakgrunn av 2D filming på høyeste submaksimale hastighet på  $SUB_{stig}$  og  $SUB_{hast}$ . Syklustiden ble tatt fra den venstre staven traff bakken, gjennom hele syklusen, til staven på nytt traff bakken (Figur 4; begge stavene traff bakken samtidig, men kun venstre stav som vises). Gjennomsnittet av 10 sykluser ble brukt for å beregne syklustiden. Sykluslengden ble deretter regnet ut ved å multiplisere hastighet på mølla med syklustid. Syklusfrekvens ble regnet ut ved å dividere et sekund med syklustiden. For å finne eventuelle forskjeller i teknikkutførelse av stavtaket ved bruk av lav eller høy stav ble det gjennomført målinger av knevinkel på venstre fot i starten av skyvfasen slik det er illustrert i figur 5. Målingene ble gjennomført i den posisjonen da begge bena var parallelle.

3 sykluser ble målt og et gjennomsnitt av disse ble regnet ut. Linja ble trukket slik at den lå helt inntil både lår og legg på fremsiden av begge. Oppgitt knevinkelmål ble registrert dorsalt for kneleddet.

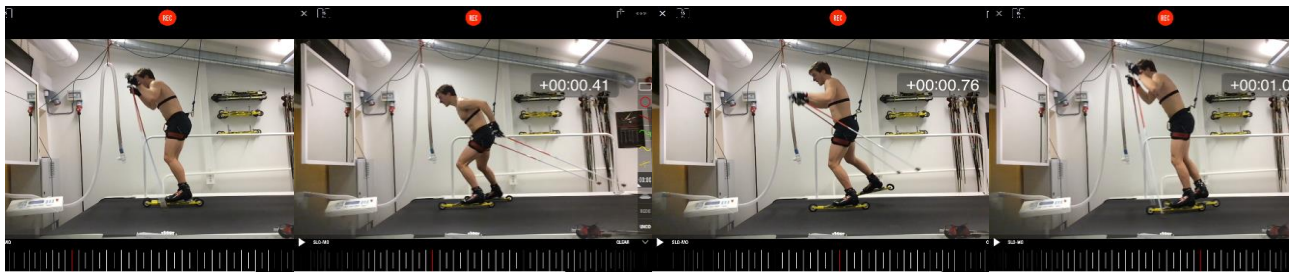


**Figur 2.** Testprotokoll for dobbeldans i skøyting under en submaksimaltest ( $SUB_{stigning}$ ) i bratt motbakke med økende intensitet (7, 9 og 11% stigning) og konstant hastighet på 10 km/t.

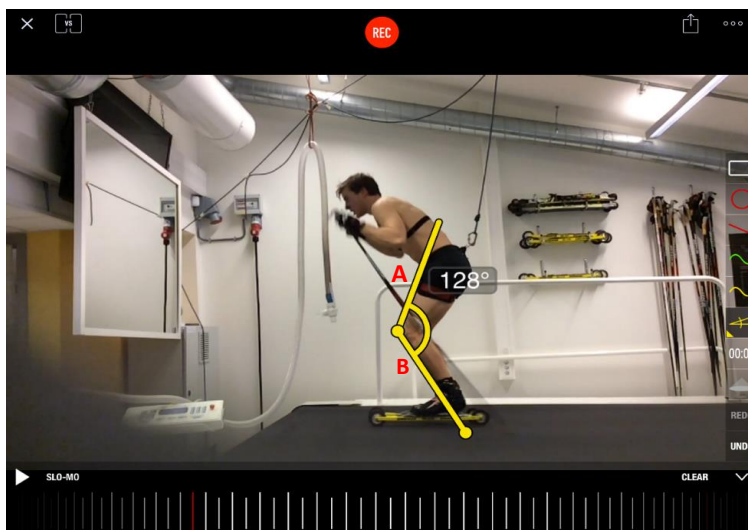


**Figur 3.** Testprotokoll for dobbeldans i skøyting under en submaksimaltest ( $SUB_{\text{hast}}$ ) i slak motbakke med økende intensitet (14,17, 20 km/t) og en konstant stigning på tredemølla på 4 %.





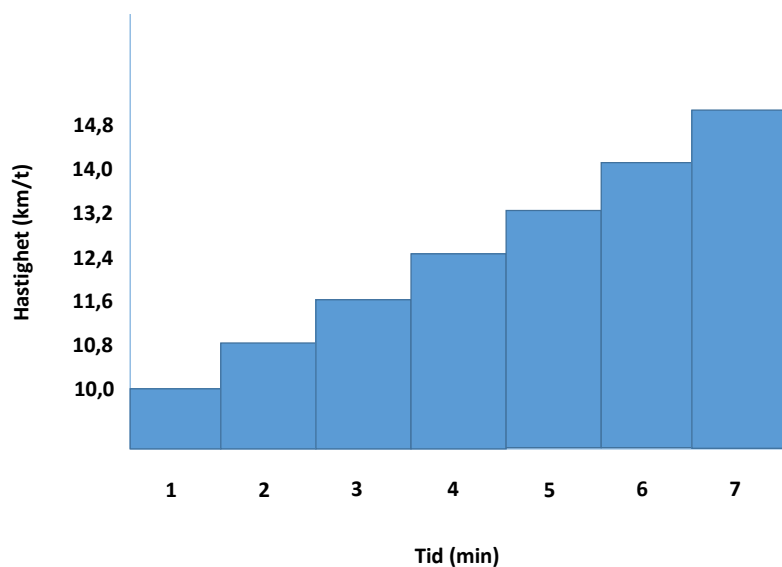
**Figur 4.** Syklustid og syklusfrekvens ble tatt fra venstre stav traff bakken, gjennom hele syklusen, til venstre stav på nytt traff bakken. Begge stavene traff bakken samtidig, men start/slutfasen ble gjort når venstre stav traff bakken.



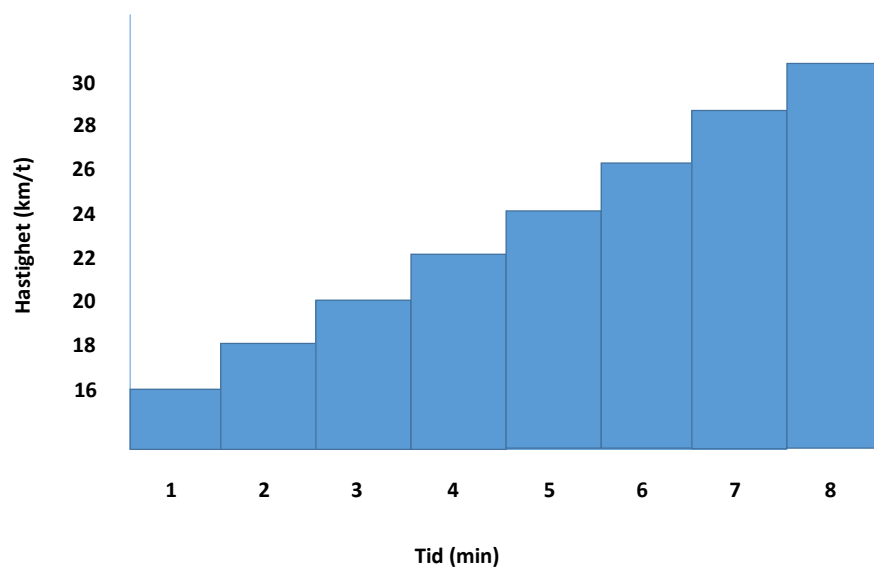
**Figur 5.** Knevinkel ( $^{\circ}$ ) ble målt mellom lår og legg dorsalt for kneleddet. Vinkelmålingene ble tatt i en posisjonen der begge bena var parallelle og før utstrekking av høyre fot startet. De to linjene (A og B) ble trukket slik at de lå helt inntil både lår og legg.

### **2. 3. 2 Prestasjonstester**

Forsøkspersonenes utholdenhetskapasitet ble målt i form av to prestasjonstester i etterkant av både  $SUB_{stig}$  og  $SUB_{hast}$  der peak oksygenopptak ble målt (Tabell 1). Det ble gjennomført 5 minutter aktiv pause på 60-72 % av  $HF_{max}$  i dobbeldans i etterkant av  $SUB_{stig}$  og  $SUB_{hast}$ , før prestasjonstestene ble gjennomført. Prestasjonstest i bratt motbakke (Figur 6; 11 % stigning) ble gjennomført med en på startfart på 10 km/t, og en hastighetsøkning på 0,8 km/t for hvert min. Prestasjonstest i slak motbakke (Figur 7; 4% stigning) ble gjennomført med en startfart på 16 km/t og en økning på 2 km/t for hvert min. Forsøkspersonene gikk under hver av prestasjonstestene til utmattelse og  $VO_{2\ peak}$  ble registret. Gjennomsnittet av de tre høyeste 10 sekunders påfølgende målingene ved test slutt bestemte  $VO_{2\ peak}$  (Bassett & Howley, 2000; Tanner & Gore, 2013). Kriteriene for  $VO_{2\ max}$  ble ikke innfridd. Derfor ble peak oksygenopptak valgt som høyeste oppnådde oksygenopptak da kriteriene for at  $VO_{2\ max}$  er oppnådd, er om to av de tre følgende kriteriene ble oppfylt: (1) Et platå i  $VO_2$  til tross for økt intensitet, (2) en RER-verdi  $> 1,10$ , og (3) en laktatkonsentrasjon i blod  $> 8\text{mmol/L}$  (Bassett & Howley, 2000). På slutten av prestasjonstesten ble HF og RPE 6-20 registret, samtidig som BLa ble målt rett etter endt test. De to prestasjonstestene ble gjennomført med staver forsøkspersonene til vanlig bruker under trening og konkurranse. Selvvalgt stav var  $164,0 \pm 2,5$  cm, noe som tilsvarte 91 % av kroppshøyden hos forsøkspersonene. Som mål på utholdenhetsprestasjon ble tid til utmattelse registret.



**Figur 6.** Testprotokoll for dobbeldans i skøyting under en prestasjonstest i bratt motbakke med 11 % stigning. Startfart på 10 km/t, og en økning med 0,8 km/t for hvert min der forsøkspersonene gikk til utmattelse.



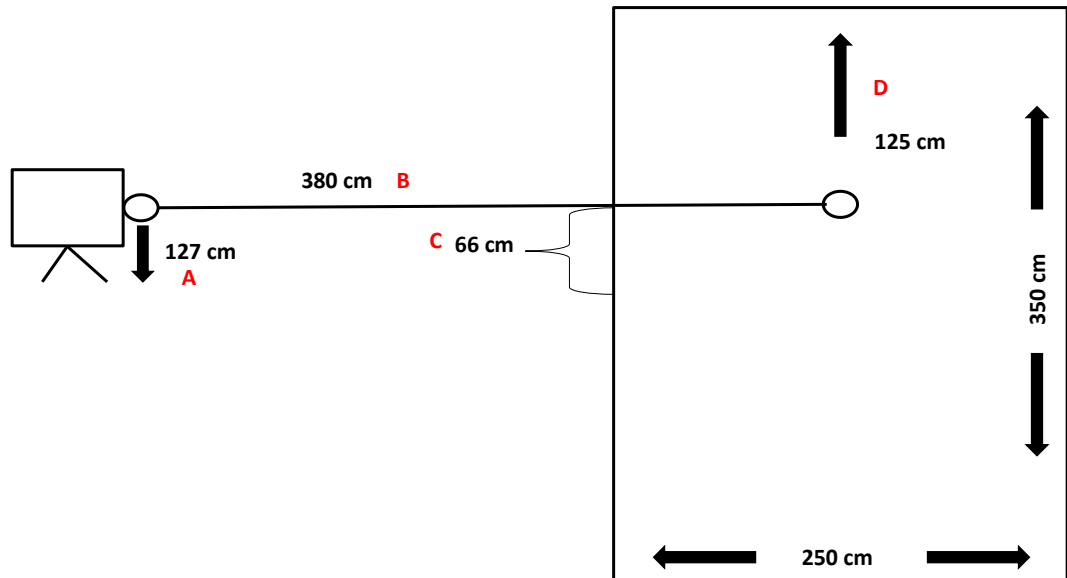
**Figur 7.** Testprotokoll for dobbeldans i skøyting under en prestasjonstest i slak motbakke med 4 % stigning. Startfart på 16 km/t, og en økning med 2 km/t for hvert min der forsøkspersonene gikk til utmattelse.

### 2. 3. 3 Utstyr

Både de submaksimale testene og prestasjonstestene til utmattelse ble gjennomført på tredemølle (Rodby, RL3500E, Södertälje, Sweden). Tredemøllen var 350 cm lang og 250 cm bred (Figur 8). Vinkel og hastighet på rulleskimølla ble kontrollert og kalibrert i forkant og etterkant av studien. Forsøkspersonen var under testen utstyrt med en sele som var festet til taket for å ivareta sikkerheten ved eventuelle fall eller uhell. Oksygenanalysator (Oxycon Pro, Erich Jaeger GmbH, Hoechberg, Germany) ble brukt til å samle opp utåndingsluften til et miksekammer der innhold av O<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub> ble analysert. Oxycon Pro er rapportert å være presis til å fastsette oksygenopptak hos mennesker (Carter & Jeukendrup, 2002; Foss & Hallen, 2005). I forkant av hver testdag ble oksygenanalysatoren kalibrert i forhold til produsentens retningslinjer med en 2- punkts kalibrering; romluft, og en gassblanding med kjent innhold av oksygen og karbondioksid (15,00 % O<sub>2</sub> og 5,85 % CO<sub>2</sub>, Riessner-Gase GmbH & Co, Lichtenfels, Germany). Oksygenanalysatoren er også rapportert å være nøyaktig både på lave og høye ventilasjoner (Rietjens, Kuipers, Kester, & Keizer, 2001). Flowtransduseren ble kalibrert ved å bruke en 3 liter høypresisjons automatisk kalibreringspumpe før hver test. Forsøkspersonene gjennomførte testene med nese-klype, slik at all utåndingsluft ble sentrert gjennom munnstykket.

Pulsklokke (Polar RCX 3, Kempele, Finland) med tilhørende pulsbelte (Polar wearlink, Kempele, Finland), ble brukt til måling av HF. Måling av BLa ble gjennomført ved hjelp av laktatanalysator fra Biosen (EKF diagnostics, Biosen C \_ line, Magdeburg, Germany) og målingene ble gjennomført etter prosedyrene hos produsenten. Biosen C \_ line er tidligere validert av Davison et al. (2000). Fingeren det ble tatt prøve av ble tørket og vasket, før den ble stukket med engangsnål. Første bloddråpen ble tørket bort og deretter ble 20 mikroliter blod fylt opp i en glasskapillær. Glasskapillæret ble så lagt i en kapsel og satt i laktatanalysatoren. Forsøkspersonene gjennomførte testene med samme type rulleski tilhørende Meråker testlab, dette for å unngå forskjellig rullemotstand. Standard rullemotstand 2 ble valgt (Swenor 2, Sweden), men forsøkspersonene benyttet forskjellige bindinger på skiene (Salomon, SNS, Annecy, France eller Rottefella, NNN, Klokkekarstua, Norway). Alle forsøkspersonene benyttet sine personlige skisko. Skistavene som ble benyttet var av samme merke for alle forsøkspersoner (Swix CT1, Lillehammer, Norway). Skistavene hadde spesiellagde pigger (Biomekanikk AS, Oslo, Norway) på 25x 5x 35mm for å unngå at tredemølla ble skadet og at stavene fikk tilstrekkelig med friksjon under stavissettet.

Borg skala 6-20 ble brukt for måling av den subjektive opplevelsen av anstrengelsen (Borg, 1982). Videokamera (Apple iPad 30 bilder pr sekund, USA) ble brukt til filming av stavtaksykluser som hver gang ble gjort fra oppmerket sted, noe som er vist i figur 8. Analyseprogram for video (Coach Eye) ble brukt for å kunne regne ut syklustid og kalkulert sykluslengde.



**Figur 8.** Testoppsett av videokamera i forhold til rullskimølle. A beskriver høyde på videokameralinsa i forhold til gulvet. B beskriver avstanden fra videokamera til midtpunktet på rullskimølla, der midtpunktet er definert som midtpunktet i den delen som vises i videofilmen. C beskriver høyden fra rullskimølla og ned til gulvet når rullskimølla er horisontal i forhold til underlaget. D beskriver avstanden fra midtpunktet av rullskimølla til fremre del av rullskimølla.

## *2. 4 Statistisk analyse*

Resultatene fra testene ble ført inn i Windows Microsoft Excel 2013, (Microsoft, Redmond, Washington, USA). Deretter ble IBM SPSS Statistics 23,0 (International Business Machines, New York, USA) brukt til å gjennomføre statistiske analyser på tallmaterialet. Shapiro-Wilks test ble benyttet for å se om data var normalfordelt. Alle resultater fremstilles som gjennomsnitt ( $\bar{m}$ ) og standardavvik (SD). Et signifikansnivå  $P \leq 0,05$  ble brukt som mål på at dataene var statistisk signifikant, og  $P \leq 0,10$  ble vurdert som en tendens. Toveis ANOVA med repeterte målinger ble brukt for å sammenlikne de fysiologiske, subjektive og kinematiske variablene mellom stavlengde og intensitet. Ved signifikante funn ble parret T-test benyttet som oppfølgingstester med Bonferroni-korreksjon for repeterte målinger. Parret t-test ble benyttet for å sammenlikne fysiologiske og subjektive variable på de to prestasjonstestene med hverandre.

### 3.0 Resultat

#### 3.1 Utholdenhetsprestasjon og peak aerob kapasitet

Tabell 1 viser maksimale fysiologiske og subjektive responser samt prestasjonsevne ved prestasjonstest på 11 % stigning og 4 % stigning. Det var ingen signifikant forskjell ( $P=0,26$ ) i  $VO_2$  peak mellom prestasjonstest på 11 % og 4 % stigning ( $68,3 \pm 1,4$  ml/kg/min). Tid til utmattelse på prestasjonstest ved 11 % stigning var  $332 \pm 54$  sekunder, mens tid til utmattelse på prestasjonstest på 4 % stigning var  $418 \pm 65$  sekunder.

**Tabell 1:** Maksimale fysiologiske og subjektive responser på to prestasjonstester i dobbeldans (11 og 4 % stigning) på rulleski på rulleskimølle hos ti mannlige skiskyttere og langrennsløpere. Starthastigheten var 10 og 16 km/t, og ble økt med 0,8 og 2 km/t for hvert min, for henholdsvis 11 og 4 % stigning (gjennomsnitt og SD).

Parameter	11 % stigning	4 % stigning
$VO_2$ peak (ml/min/kg)	$67,9 \pm 3,1$	$68,7 \pm 3,8$
BLa (mmol/L)	$9,58 \pm 2,58$	$10,03 \pm 2,28$
RER	$1,10 \pm 0,05$	$1,12 \pm 0,07$
HF (slag/min)	$195,6 \pm 5,2$	$197,3 \pm 5,3$
RPE (6-20)	$19,4 \pm 1,0$	$19,2 \pm 0,8$

$VO_2$  peak = peak oksygenopptak, BLa = laktatkonsentrasjon i blod, RER= Respiratory exchange ratio, HF= hjertefrekvens, RPE= ratings of perceived exertion.

#### 3.2 Submaksimale responser på protokoll med økende stigning

Tabell 2 viser fysiologiske, subjektive og kinematiske responser ved protokoll med økende 3stigning ( $SUB_{stig}$ ). Den relative belastningen på  $SUB_{stig}$  var på 64, 75 og 83 % av  $VO_2$  peak, for henholdsvis 7, 9 og 11 % stigning. Det var en hovedeffekt av stavlengde på  $SUB_{stig}$  på oksygenopptak der høy stav ga 2 % lavere oksygenopptak enn lav stav ( $50,5 \pm 0,5$  vs  $51,5 \pm 0,5$  ml/kg/min;  $P = 0,005$ ). Oppfølgingstester viste at høy stav ga 2,7 % lavere oksygenopptak sammenlignet med lav stav ( $56,6 \pm 2,6$  vs  $58,2 \pm 2,0$  ml/kg/min;  $P= 0,005$ ) på den høyeste stigningen (11 %; Figur 9). Det var ingen signifikante forskjeller i oksygenopptak mellom høy

og lav stav på 7 og 9 % stigning. Det var også en hovedeffekt av intensitet ved at oksygenopptaket økte med økende stigning ( $P < 0,001$ ). Oppfølgingstester viste at oksygenopptaket økte med 16,3 % fra 7 til 9 % stigning ( $P = < 0,001$ ) og med 11,5 % fra 9 til 11 % stigning ( $P = < 0,001$ ). Det var ingen signifikant interaksjon mellom stavlengde og intensitet på oksygenopptak.



**Tabell 2:** Submaksimale fysiologiske, subjektive og kinematiske responser ved tre 5-min arbeidsbelastninger med økende stigning (7,9,11 %) i dobbeldans på rulleski på tredemølle med lav og høy stav med konstant fart (10 km/t) hos ti mannlige skiskyttere og langrennsløpere (gjennomsnitt ± SD).

Parameter	7 %		9 %		11 %		ANOVA		
	LS	HS	LS	HS	LS	HS	Stav	Intensitet	Stav x Intensitet
VO <sub>2</sub> (ml/min/kg)	44,5 ± 1,5	44,0 ± 2,0	52,0 ± 2,1	51,0 ± 2,1	58,2 ± 2,0	56,6 ± 2,6*	F <sub>1,9</sub> =13,27;##	F <sub>2,18</sub> =241,20;###	F <sub>2,18</sub> =1,50
BLa (mmol/L)	1,76 ± 0,5	1,68 ± 0,5	2,58 ± 0,8	2,52 ± 0,8	4,35 ± 1,1	4,32 ± 1,2	F <sub>1,9</sub> =0,80	F <sub>2,18</sub> =92,05;###	F <sub>2,18</sub> =0,044
RER	0,87 ± 0,3	0,88 ± 0,3	0,91 ± 0,4	0,91 ± 0,3	0,94 ± 0,3	0,94 ± 0,4	F <sub>1,9</sub> =0,94	F <sub>2,18</sub> =69,10;###	F <sub>2,18</sub> =0,64
HF (slag/min)	156,7 ± 10,9	156,6 ± 11,1	173,4 ± 7,7	173,0 ± 8,2	184,6 ± 7,5	184,5 ± 7,0	F <sub>1,9</sub> =0,19	F <sub>2,18</sub> =158,74;###	F <sub>2,18</sub> =0,27
RPE (6-20)	9,3 ± 1,5	10,0 ± 1,9	13,1 ± 1,1	12,7 ± 1,3	16,2 ± 1,3	16,1 ± 1,0	F <sub>1,9</sub> =0,10	F <sub>2,18</sub> =99,62;###	F <sub>2,18</sub> =1,04
Gross efficiency (%)	17,0 ± 0,6	17,2 ± 0,8	17,5 ± 0,8	17,9 ± 0,8	18,2 ± 0,7	18,8 ± 1,0*	F <sub>1,9</sub> = 14,08;##	F <sub>2,18</sub> =20,91;###	F <sub>2,18</sub> =0,60
Sykluslengde (m)					2,88 ± 0,1	2,89 ± 0,1			
Syklustid (s)					1,04 ± 0,05	1,04 ± 0,05			
Syklusfrekvens (Hz)					0,96 ± 0,05	0,96 ± 0,05			
Knevinkel (°)					126 ± 8,2	132 ± 7,6*			

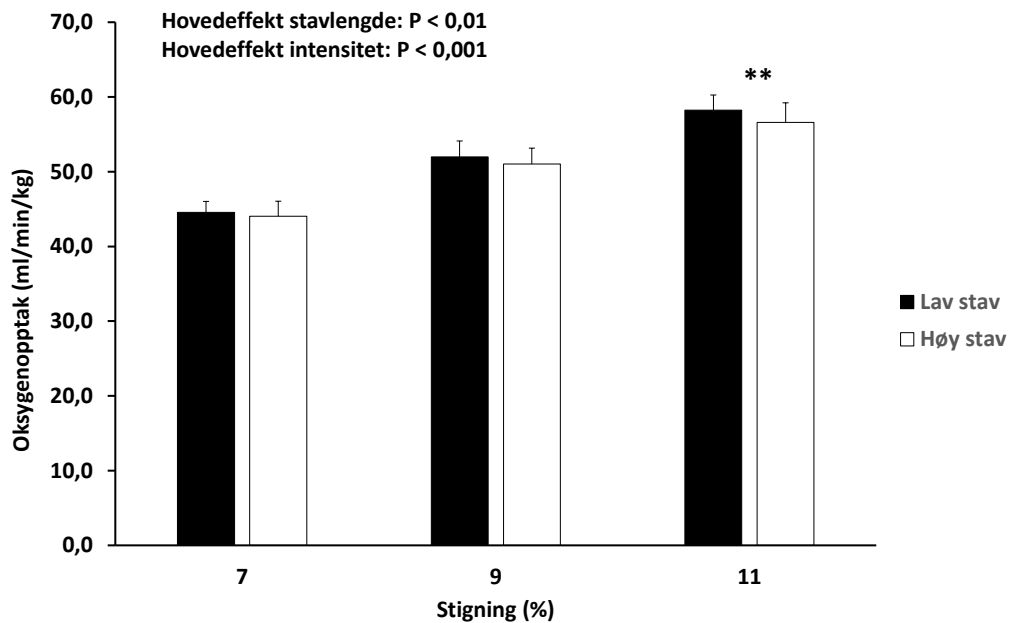
LS= lav stav, HS= høy stav. VO<sub>2</sub>= oksygenopptak, BLa = laktatkonsentrasjon i blod, RER= Respiratory exchange ratio, HF= hjerterefrekvens, RPE= ratings of perceived exertion.

\* signifikant forskjell mellom stavlengde på samme stigning.

# P < 0,05

## P < 0,01

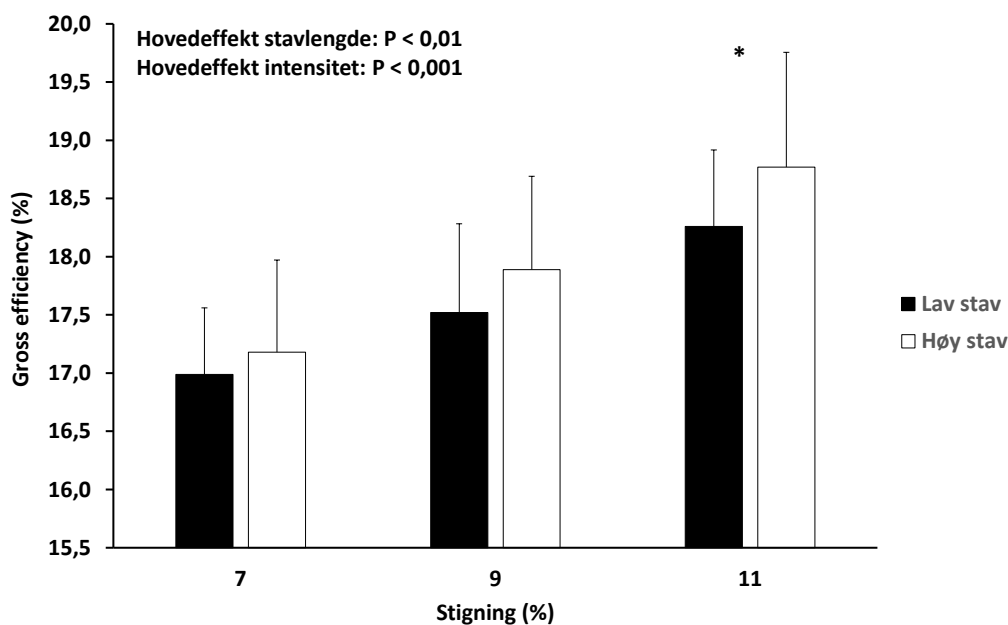
### P < 0,001



**Figur 9.** Oksygenopptak for ti mannlige langrennsløpere og skiskyttere, under submaksimalt arbeid i dobbeldans skøyting på 7,9 og 11 % stigning, med lav og høy stavlengde. \*Signifikant forskjell mellom lav og høy stav, \*\* $P < 0,01$ .

Det var en hovedeffekt av stavlengde på gross efficiency på  $SUB_{stigning}$  der høy stav ga 4,8 % høyere GE sammenlignet med lav stav ( $18,2 \pm 0,2$  % vs  $17,4 \pm 0,2$  %;  $P=0,002$ ).

Oppfølgingstester viste at høy stav ga 3,8 % høyere GE sammenlignet med lav stav ( $18,8 \pm 1,0$  vs  $18,2 \pm 0,7$  %;  $P=0,012$ ) på den bratteste stigningen (11 %; Figur 10). Det var en tendens til signifikant høyere GE for høy stav på 9 % ( $P=0,059$ ), mens det på 7 % stigning ikke var noen forskjell mellom stavlengdene. Det var også en hovedeffekt av intensitet ved at GE økte med økende stigning ( $P < 0,001$ ). Oppfølgingstester viste at GE økte med 3,6 % fra 7 til 9 % stigning ( $P=0,017$ ) og med 4,6 % fra 9 til 11 % stigning ( $P=0,024$ ). Det var ingen signifikant interaksjon mellom stavlengde og intensitet på GE.



**Figur 10.** Gross efficiency for ti mannlige langrennsløpere og skiskytterne, under submaksimalt arbeid i dobbeldans skøyting på 7, 9 og 11 % stigning, med lav og høy stavlengde, der hastigheten tredemølla var konstant på 10 km/t \*Signifikant forskjell mellom lav og høy stav, \*P < 0,05.

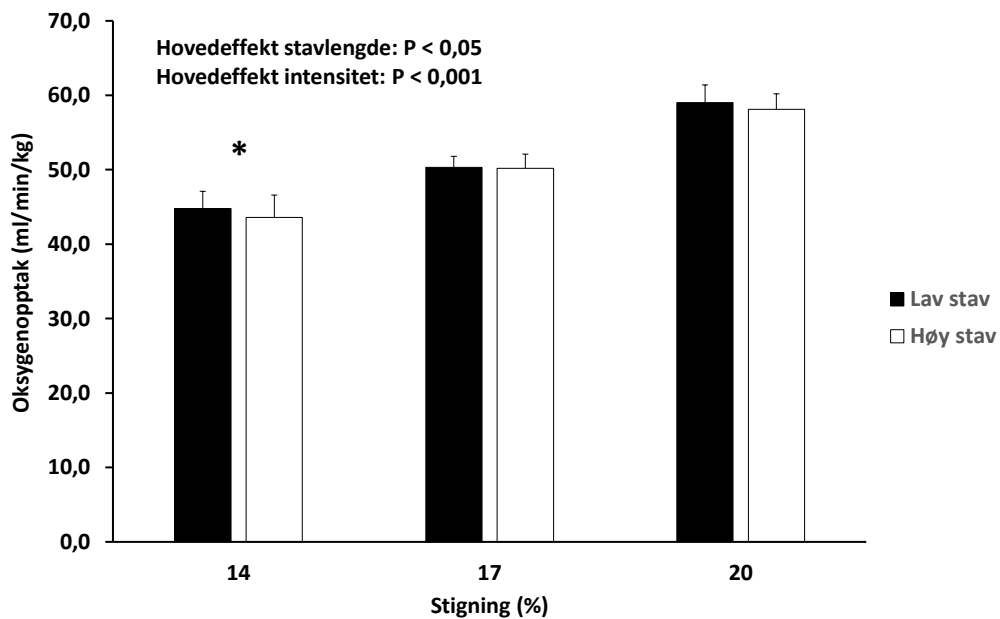
Resultatene viste at forsøkspersonene hadde 4,4 % større knevinkel med høy stav sammenlignet med lav stav på 11 % stigning ( $126 \pm 8,2$  vs  $132 \pm 7,6$  °; P=0,05).

For de fysiologiske og subjektive variablene BLa, RER, HF, RPE var det en hovedeffekt av intensitet, men ingen signifikant forskjell mellom lav og høy stav. Det var heller ingen forskjeller for de kinematiske variablene sykluslengde, syklustid, og syklusfrekvens mellom lav og høy stav.

### 3.3 Submaksimale responser på protokoll med økende hastighet

Tabell 3 viser fysiologiske, subjektive og kinematiske responser ved protokoll med økende hastighet ( $SUB_{hast}$ ). Den relative belastningen på  $SUB_{hast}$  var på 64, 74 og 85 % av  $VO_{2\ peak}$ , for henholdsvis 14, 17 og 20 km/t. Det var en hovedeffekt av stavlengde på  $SUB_{hast}$  på oksygenopptak der høy stav ga 1,4 % lavere oksygenopptak enn lav stav ( $50,7 \pm 0,6$  vs  $51,4 \pm 0,6$  ml/kg/min; P = 0,04). Oppfølgingstester viste at høy stav ga 2,7 % lavere oksygenopptak

sammenlignet med lav stav ( $43,6 \pm 3,0$  vs  $44,8 \pm 2,3$  ml/kg/min;  $P=0,04$ ) på 14 km/t (Figur 11). Det var ingen signifikante forskjeller i oksygenopptak mellom lav og høy stav på 17 og 20 km/t. Det var også en hovedeffekt av intensitet ved at oksygenopptaket økte med økende arbeidsbelastning ( $P<0,001$ ). Oppfølgingstester viste at oksygenopptaket økte med 11,9 % fra 14 til 17 km/t stigning ( $P=<0,001$ ) og med 13,8 % fra 17 til 20 km/t ( $P=<0,001$ ). Det var ingen signifikant interaksjon mellom stavlengde og intensitet på oksygenopptak.



**Figur 11.** Oksygenopptak for ti mannlige langrennsløpere og skiskytterne, under submaksimalt arbeid i dobbeldans skøyting på 14,17, og 20 km/t med lav og høy stavlengde, der stigningen på tredemølla var konstant på 4 %. \*Signifikant forskjell mellom lav og høy stav, \* $P < 0,05$ .

**Tabell 3:** Submaksimale fysiologiske, subjektive og kinematiske responser ved tre 5-min arbeidsbelastninger i dobbeldans på rulleski på tredemølle med lav og høy stav med konstant stigning (4 %) og økende stigning (14,17,20 km/t) hos ti mannlige skiskyttere og langrennsløpere (gjennomsnitt  $\pm$  SD).

Parameter	14 km/t		17 km/t		20km/t		ANOVA		
	LS	HS	LS	HS	LS	HS	Stav	Intensitet	Stav x Intensitet
VO <sub>2</sub> (ml/min/kg)	44,8 $\pm$ 2,3	43,6 $\pm$ 3,0*	50,3 $\pm$ 1,5	50,2 $\pm$ 1,9	59,0 $\pm$ 2,4	58,1 $\pm$ 2,1	F <sub>1,9</sub> =5,40;#	F <sub>2,18</sub> =447,44;###	F <sub>2,18</sub> =1,36
BLa (mmol/L)	1,72 $\pm$ 0,56	1,71 $\pm$ 0,58	2,31 $\pm$ 0,68	2,31 $\pm$ 0,60	4,16 $\pm$ 1,25	3,87 $\pm$ 0,94	F <sub>1,9</sub> =1,18	F <sub>2,18</sub> =103,07;###	F <sub>2,18</sub> =2,91
RER	0,89 $\pm$ 0,03	0,89 $\pm$ 0,04	0,91 $\pm$ 0,03	0,91 $\pm$ 0,04	0,95 $\pm$ 0,04	0,94 $\pm$ 0,03	F <sub>1,9</sub> =2,03	F <sub>2,18</sub> =41,64;###	F <sub>2,18</sub> =0,06
HF (slag/min)	151,7 $\pm$ 13,0	152,9 $\pm$ 13,0	169,5 $\pm$ 11,4	169,6 $\pm$ 8,6	183,2 $\pm$ 7,7	181,9 $\pm$ 7,7	F <sub>1,9</sub> =0,000	F <sub>2,18</sub> =151,96;###	F <sub>2,18</sub> =1,72
RPE (6-20)	10,0 $\pm$ 2,1	9,9 $\pm$ 1,5	12,9 $\pm$ 1,0	13,0 $\pm$ 0,8	16,1 $\pm$ 1,3	15,8 $\pm$ 0,9	F <sub>1,9</sub> =0,14	F <sub>2,18</sub> =108,0;###	F <sub>2,18</sub> =0,57
Gross efficiency (%)	16,0 $\pm$ 1,0	16,7 $\pm$ 1,1*	16,9 $\pm$ 1,0	17,4 $\pm$ 0,7	16,9 $\pm$ 1,2	17,5 $\pm$ 0,8*	F <sub>1,9</sub> = 5,82;#	F <sub>2,18</sub> = 6,65;##	F <sub>2,18</sub> =1,80
Sykluslengde (m)					5,67 $\pm$ 0,32	5,68 $\pm$ 0,42			
Syklustid (s)					1,02 $\pm$ 0,06	1,02 $\pm$ 0,08			
Syklusfrekvens (Hz)					0,98 $\pm$ 0,06	0,98 $\pm$ 0,08			
Knevinkel (°)					128 $\pm$ 2,7	135 $\pm$ 5,9*			

LS= lav stav, HS= høy stav. VO<sub>2</sub>= oksygenopptak, BLa = laktatkonsentrasjon i blod, RER= Respiratory exchange ratio, HF= hjerterefrekvens, RPE= ratings of perceived exertion.

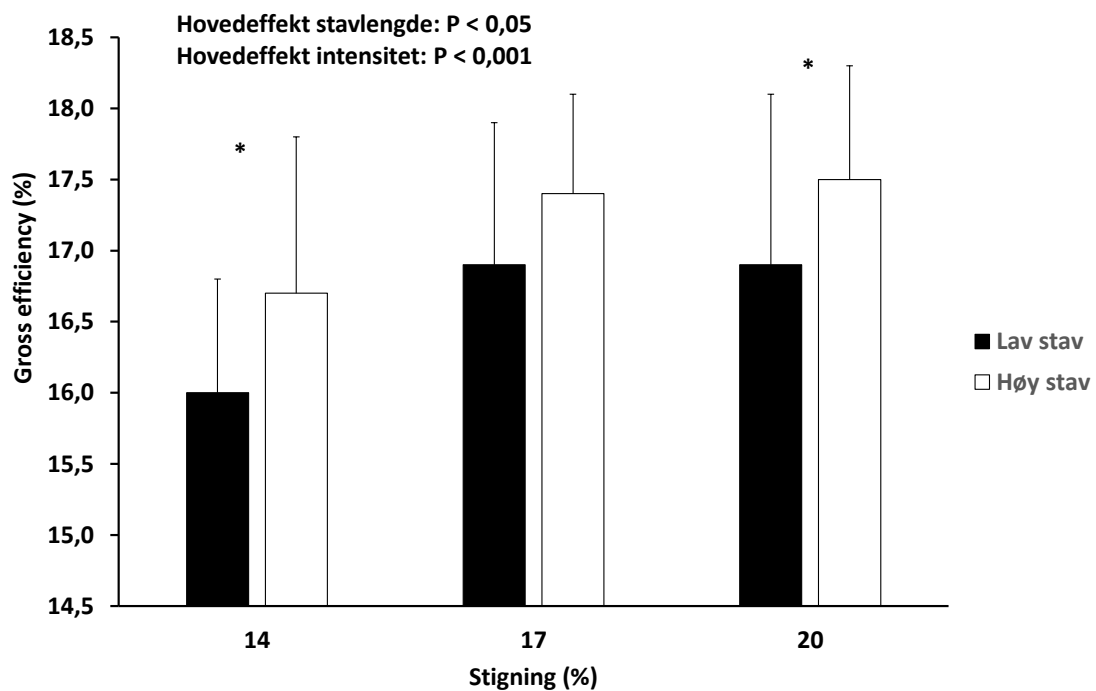
\* signifikant forskjell mellom stavlengde på samme stigning.

# P < 0,05

## P < 0,01

### P < 0,001

Resultatene fra studien viste en hovedeffekt av stavlengde på gross efficiency på SUB<sub>hast</sub> der høy stav ga 3 % høyere GE sammenlignet med lav stav ( $17,1 \pm 0,2$  vs  $16,6 \pm 0,3$  %;  $P=0,039$ ). Oppfølgingstester viste at høy stav sammenlignet med lav stav ga 2,9 % høyere GE på 14 km/t ( $16,7 \pm 1,1$  vs  $16,0 \pm 1,0$  %;  $P=0,019$ ) og 3,5 % høyere GE på 20 km/t ( $17,5 \pm 0,8$  vs  $16,9 \pm 1,2$  %;  $P=0,04$ ; Figur 12). Det var ingen signifikant forskjell i GE på 17 km/t mellom lav og høy stav ( $P=0,20$ ). Det var også en hovedeffekt av intensitet ved at GE økte med økende hastighet ( $P<0,01$ ). Oppfølgingstester viste at GE økte med 4,9 % fra 14 til 17 km/t ( $P=0,05$ ) og med 0,6 % fra 17 til 20 km/t ( $P=0,24$ ). Det var ingen signifikant interaksjon mellom stavlengde og intensitet på GE.



**Figur 12.** Gross efficiency for ti mannlige langrennsløpere og skiskytterne, under submaksimalt arbeid i dobbeldans skøyting på 14, 17 og 20 km/t, med lav og høy stavlengde, der stigningen på tredemølla var konstant på 4%. \*Signifikant forskjell mellom lav og høy stav, \* $P < 0,05$ .

Resultatene viste at forsøkspersonene hadde 5 % større knevinkel med høy stav sammenlignet med lav stav på 20 km/t ( $128 \pm 2,7$  vs  $135 \pm 5,9$  °;  $P=0,05$ ).

For de fysiologiske og subjektive variablene BLa, RER, HF, RPE var det en hovedeffekt av intensitet, men ingen signifikant forskjell mellom lav og høy stav. Det var heller ingen forskjeller for de kinematiske variablene sykluslengde, syklustid, og syklusfrekvens mellom lav og høy stav.

## 4. 0 Diskusjon

Formålet med studien var å undersøke hvordan ulik stavlengde i dobbeldans påvirket fysiologiske, subjektive og kinematiske responser hos godt trente langrennsløpere og skiskyttere ved økende intensitet (økt stigning eller hastighet på tredemølle). De viktigste funnene i denne undersøkelsen var: (1) Lavere  $O_2$ -kostnad og høyere gross efficiency (GE) med høy stav på bratteste stigning og på laveste hastighet, samt høyere GE på høyeste hastighet sammenlignet med lav stav. (2) Knevinkel var større med høy stav på de høyeste intensitetene (bratteste stigning og høyeste hastighet) sammenlignet med lav stav. (3) Subjektiv opplevelse av anstrengelse (RPE), hjertefrekvens, laktatkonsentrasjon i blod og stavkinematikk var lik mellom høy og lav stavlengde på alle intensiteter.

Interessante funn i denne studien var 2,7 % lavere  $O_2$ -kostnad og 3,8 % høyere effektivitet (GE) med høy stav på den bratteste stigningen (11 %). Når forsøkspersonene gikk med en høyere hastighet (20 km/t) og i lettere terreng (4%) viste de høye stavene seg å være 3,5 % mer effektive (GE) sammenlignet med de lave stavene. Årsaken til at  $O_2$ -kostnaden har blitt mindre kan være en reduksjon i vertikal forflytning av tyngdepunktet (TP) med høy stav. En økt vertikal tyngdepunkts forflytning vil koste mer energi og ikke nødvendigvis påvirke GE positivt. Losnegard et al. (2016) viste at høy stav i staking medførte 4,1% mindre vertikal forflytning av TP enn ved lav stav. Siden staking og dobbeldans er blitt sett på som relativt like bevegelser (Myklebust et al., 2014), er det sannsynlig at den økte  $O_2$ -kostnaden i dobbeldans med lav stav også skyldes vertikal forflytning av TP. Losnegard et al. (2016) antok at mindre opp og ned bevegelser av TP gjennom en syklus, kan være en årsak til den reduserte  $O_2$ -kostnaden. Samtidig må man ta i betraktning at forskjellen i vertikal forflytning av TP i mellom høy og lav i studien til Losnegard et al. (2016) bare var 1 cm. Denne forskjellen kan ikke anses å være veldig stor, slik at dette ikke trenger å være hele forklaringsmodellen på resultatene i min studie. Stöggl and Holmberg (2016) peker også på at en mindre vertikal forflytning av TP kan føre til en lavere  $O_2$ -kostnad.

Stöggl and Holmberg (2016) hevdet videre at dersom man går dypere med bena, og forflytter det vertikale TP lavere ned, kan dette føre til økt avklemming av kapillærene og redusere mean transit time til blodet i muskelen. Dette kan føre til at oksygenavgivelsen til muskelcella



blir vanskeligere, slik at energikostnaden blir høyere. Hevingen av TP etter stavgaket er avsluttet med lav stav, blir helt sentralt i dette oksygenregnskapet. Stöggl and Holmberg (2016) hevdet at TP holdt seg høyere ved høy stav sammenlignet med lav stav gjennom en syklus. Det vil medføre en lavere O<sub>2</sub>-kostnad der man slipper like mye heving og senkning av TP, samt at forsøkspersonen står i en høyere og lettere muskulær posisjon. Ut ifra dette kan et høyere TP, mindre forflytning av TP gjennom en syklus, og en høyere posisjon med beina være årsaken til reduksjon i O<sub>2</sub>-kostnad og høyere GE med høy vs. lav stav. Myklebust et al. (2014) viste at staking og dobbeldans har mye likt ved seg når det gjelder teknikk, muskelbruk og anvendelsesområde. Derfor kan det se ut til at man kan trekke paralleller på staking og dobbeldans, men samtidig også huske at de er forskjellige delteknikker i to forskjellige stilarter.

I motsetning til Losnegard et al. (2016) fant Hoffman et al. (1994) ingen forskjell i O<sub>2</sub>-kostnad mellom høy og lav stavlengde i staking. Hoffmann (1994) gjennomførte sin studie på 1,7 % stigning, mens Losnegard (2016) gjennomførte studien på 4,4 % stigning. Både Hoffman et al. (1994) og Losnegard et al. (2016) gjennomførte sine studier på henholdsvis lett eller moderat stigning. Dermed vil SUB<sub>hast</sub> (4 % stigning) ligne mest på den forskingen som tidligere er gjort, og SUB<sub>stig</sub> (11 % stigning) vil være den som skiller seg mest ut i forhold til terrengtype.

Årsaken til at effektiviteten (GE) har blitt høyere kan være at forsøkspersonene skaper en tidligere innledningsfase av stavgaket med høy vs. lav stav. Losnegard et al. (2016) viste at høy stav ga et høyere TP i stavgakets innledningsfase sammenlignet med lav stav. Høyt TP kan føre til mer stillingsenergi gjennom kroppsstammen, som igjen skaper mer kraft ned i underlaget. Dette understøttes av Svartdal (2010) som peker på viktigheten av å utnytte tyngdekrafta til å skape kostnadseffektiv kraft mot underlaget. Tidligere innledningsfase med høy stav kan gi en lengre impulsvarighet i stavgaksfasens fremre til bakre posisjon (pole time) sammenlignet med lav stav Nilsson et al. (2003). Losnegard et al. (2016) viste at syklostiden var upåvirket av stavlengde, men en tendens til at poletime var lengre på submaksimale hastigheter (swing time reduseres). Forsøkspersonene skaper en lengre arbeidsvei, og effektiviteten (GE) gjennom stavgaket blir bedre sammenlignet med lav stav.

Gross efficiency viste seg også å være høyere med økende intensitet uavhengig av stavlengde under både SUB<sub>stig</sub> og SUB<sub>hast</sub>. Forsøkspersonene var altså mer effektive (GE) desto høyere intensiteten ble. Dette samsvarer med studien til Sandbakk et al. (2012), som også fant ut at GE ble høyere med økende intensitet. Den høyeste submaksimale belastningen under min studie var på 83 og 85 % av VO<sub>2 peak</sub>, for henholdsvis bratteste stigning og høyeste hastighet. Dette kan på bakgrunn av Seiler and Kjerland (2006) sies å være godt innenfor det som regnes som submaksimalt arbeid. Det ble ikke funnet forskjeller i laktatkonsentrasjon i blod og hjertefrekvens mellom høy og lav stav på noen intensiteter.

Knevinkel var 4,4 % og 5,0 % høyere med høy stav på henholdsvis bratteste stigning og høyeste hastighet. Forsøkspersonene gikk altså med en større knevinkel med høy stav, mellom lår og legg i skyvets innledningsfase i både i brattere (11 %) og i slakere terreng (4%), sammenlignet med lav stav. Årsaken til at knevinkel har blitt høyere med høy stav kan være at en tidligere innledningsfase av stavgaket, slik at kraften går gjennom kroppsstammen i større grad enn med lav stav. Lav stav kan føre til forsinkelse i stavgakets innledningsfase der kroppsmassen blir krummet mer sammen, TP flyttes lavere ned mot bakken, slik at knevinkelen mellom lår og legg målt dorsalt for kneleddet blir mindre. Dette må ses i sammenheng med funnene til både Losnegard et al. (2016), Stöggl and Holmberg (2016) og Nilsson et al. (2003). Høy stav muliggjør en tidligere innledningsfase av stavgaket der TP er høyere, mer kraft gjennom kroppsstammen og poletime blir lengre. Dette kan være en direkte årsak til at forsøkspersonene klarer å stå i en høyere posisjon i skyvets innledningsfase når de går med høy stav vs. lav stav i dobbeldans. Resultatene fra denne studien viste ingen signifikant forskjell i sykluslengde, syklustid, eller syklusfrekvens mellom høy og lav stav på protokoll med økende stigning (SUB<sub>stig</sub>) eller protokoll med økende hastighet (SUB<sub>hast</sub>). Det vil da være unaturlig å tro at dette har hatt påvirkning på knevinkel, samt O<sub>2</sub>-kostnad og GE.

Subjektiv opplevelse av anstrengelse var lik mellom høy og lav stav på alle intensiteter under både SUB<sub>stig</sub> og SUB<sub>hast</sub>. Forsøkspersonene opplevde altså ingen forskjell i RPE når de gikk med høy eller lav på noen av intensitetene. Årsaken til at det ikke ble funnet forskjeller i RPE kan være at forsøkspersonene synes høy stav var mer uvant sammenlignet med lav stav. Det kan være en årsak når vi vet at lav stav tilsvarte 90 % av kroppshøyden til forsøkspersonene, og selvvalgt stav (den de bruker under trening og konkurranse) tilsvarte 91 % av

kroppshøyde. Det kan oppleves uvant å gå fra selvvalgt stav (91 % av kroppshøyde) og opp til høy stav som tilsvarte 94 % av kroppshøyde. Dette kan være årsaken til at man fant lavere O<sub>2</sub>-kostnad og en høyere effekt (GE) med høy stav, men samtidig ikke fant forskjell i RPE hos forsøkspersonene. Det kunne vært et interessant forsøk å sett om en treningsperiode med høy stav kunne ført til en reduksjon i RPE.

#### ***4.1 Metodiske forhold og videre arbeid***

Under studien ble betydningen av ulik stavlenge i dobbeldans målt gjennom oksygenopptak, laktatkonsentrasjons i blod, hjerterefrekvens og subjektiv opplevelse av anstrengelse. Gross efficiency ble kalkulert for å finne ut hvor effektive forsøkspersonene var på de ulike intensitetene. Det ble i tillegg utført kinematiske målinger (syklustid, syklusfrekvens, sykluslengde og knevinkel). I det videre arbeidet med å undersøke stavlengdes betydning vil det også være nødvendig å gjøre forskning på kvinnelige utøvere, samt utøvere på et enda høyere nivå. Det anbefales at det også å benyttes 3-D kamera for bedre målinger av kinematiske variabler. Kraftceller i stavene er også anbefalt for å forså kinetikken gjennom stavgaket. Det man også må huske på er at denne studien kun er gjort i dobbeldans og på rulleski. Det vil kreves forskning på snø, samt i de andre delteknikkene i skøyting for å kunne forstå problematikken bedre.

#### ***4.2 Praktiske konsekvenser***

I denne studien ble ulik stavlenge i dobbeldans skøyting undersøkt på aktive konkurranseløpere innenfor langrenn og skiskyting. Resultatene fra denne studien viser at høy stavlenge er bedre enn lav stavlenge både i brattere og slakere terreng. Årsaken til dette er sannsynligvis mindre forflytning av tyngdepunktet gjennom en syklus med høy vs. lav stav. Det er også sannsynlig at man med høy stav får et høyere tyngdepunkt i stavgaket innledningsfase, som gjør at muskulaturen får bedre arbeidsforhold sammenlignet med lav stav. Dette innebærer at fremtidens langrennsløpere og skiskyttere bør tenke over hvor lange staver de bruker under trening og konkurranse. Samtidig må individuelle forhold også vurderes når den optimale stavlenge skal velges.

## **5. 0 Konklusjon**

Denne studien viser en lavere O<sub>2</sub>-kostnad og en høyere effektivitet (GE) på bratteste stigning med høy vs. lav stavlengde i dobbeldans. Studien viser også at forsøkspersonene med høy stav har en høyere effektivitet (GE) når de gikk på en høyere hastighet og i lettere terreng sammenlignet med lav stavlengde. Studien viser i tillegg at forsøkspersonene med høy stav står i en høyere posisjon i skyvets innledningsfase, både i brattere og slakere terreng sammenlignet med lav stav. Det var ingen forskjell i subjektiv opplevelse av anstrengelse, laktatkonsentrasjon i blod, hjertefrekvens eller stavkinematikk mellom høy og lav stav på noen intensiteter.

## **6. 0 Etterord**

Jeg vil rette en stor takk til mine veiledere Erna von Heimburg, Per Øyvind Torvik og Boye Welde for kyndig veiledning under prosessen med mastergradsoppgaven. Jeg ønsker også å rette en stor takk til forsøkspersonene som deltok i studien

## 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. doi:10.1519/JSC.0b013e31824f206c
- Andersson, E., Supej, M., Sandbakk, Ø., Sperlich, B., Stöggl, T., & Holmberg, H.-C. (2010). Analysis of sprint cross-country skiing using a differential global navigation satellite system. *European Journal of Applied Physiology*, 110(3), 585-595.
- 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.
- Bilodeau, B., Boulay, M. R., & Roy, B. (1992). Propulsive and gliding phases in four cross-country skiing techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(8), 917-925.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377-381.
- Carter, J., & Jeukendrup, A. E. (2002). Validity and reliability of three commercially available breath-by-breath respiratory systems. *European Journal of Applied Physiology*, 86(5), 435-441.
- Davison, R. C., Coleman, D., Balmer, J., Nunn, M., Theakston, S., Burrows, M., & Bird, S. (2000). Assessment of blood lactate: practical evaluation of the Biosen 5030 lactate analyzer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 243-247.
- Di Prampero, P. E. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 90(3-4), 420-429.
- Ettema, G., & Loras, H. W. (2009). Efficiency in cycling: a review. *European Journal of Applied Physiology*, 106(1), 1-14. doi:10.1007/s00421-009-1008-7
- Foss, O., & Hallen, J. (2005). Validity and Stability of a Computerized Metabolic System with Mixing Chamber. *International Journal of Sports Medicine*, 26(7), 569-575.
- Frøyd, C., Madsen, Ø., & Sæterdal, R. (2005). *Utholdenhet : trening som gir resultater*. Oslo: Akilles.
- Hansen, E. A., & Losnegard, T. (2010). Pole length affects cross-country skiers' performance in an 80-m double poling trial performed on snow from standing start. *Sports Engineering*, 12(4), 171-178. doi:10.1007/s12283-010-0042-3
- Hoffman, M. D., Clifford, P. S., Watts, P. B., Drobish, K. M., Gibbons, T. P., Newbury, V. S., . . . O'Hagan, K. P. (1994). Physiological comparison of uphill roller skiing: diagonal stride versus double pole. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26(10), 1284-1289.
- 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.
- Hughson, R. L. (2009). Oxygen uptake kinetics: historical perspective and future directions. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34(5), 840-850.
- Kvamme, B., Jakobsen, V., Hetland, S., & Smith, G. (2005). Skiskating technique and physiological responses across slopes and speeds. *European Journal of Applied Physiology*, 95(2-3), 205-212.
- Larson, A. J. (2006). Variations in heart rate at blood lactate threshold due to exercise mode in elite cross-country skiers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(4), 855-860.

- Losnegard, T. (2013). *Physiological determinants of performance in modern elite cross-country skiing*. (Doktorgradsavhandling ), Norges Idrettshøgskole Oslo.
- Losnegard, T., Myklebust, H., Skattebo, Ø., Stadheim, H. K., Sandbakk, Ø., & Hallén, J. (2016). The influence of pole length on performance, O<sub>2</sub>-cost and kinematics in double poling. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1-23.
- Losnegard, T., Schäfer, D., & Hallén, J. (2014). Exercise economy in skiing and running. *Frontiers in physiology*, 5.
- Myklebust, H., Losnegard, T., & Hallén, J. (2014). Differences in V1 and V2 ski skating techniques described by accelerometers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(6), 882-893.
- Nilsson, J., Jakobsen, V., Tveit, P., & Eikrehagen, O. (2003). Skiing: Pole length and ground reaction forces during maximal double poling in skiing. *Sports Biomechanics*, 2, 227-236.
- Nilsson, J., Tveit, P., & Eikrehagen, O. (2004). Effects of Speed on Temporal Patterns in Classical Style and Freestyle Cross-Country Skiing. *Sports Biomechanics*, 3(1), 85-107.
- Noordhof, D. A., De Koning, J. J., & Foster, C. (2010). The maximal accumulated oxygen deficit method. *Sports Medicine*, 40(4), 285-302.
- Norman, R. W., & Komi, P. V. (1987). Mechanical Energetics of World Class Cross-Country Skiing. *International Journal of Sport Biomechanics*, 3(4), 353-369.
- Pellegrini, B., Zoppirolli, C., Bortolan, L., Holmberg, H.-C., Zamparo, P., & Schena, F. (2013). Biomechanical and energetic determinants of technique selection in classical cross-country skiing. *Human Movement Science*, 32(6), 1415-1429.
- Rietjens, G., Kuipers, H., Kester, A., & Keizer, H. (2001). Validation of a computerized metabolic measurement system (Oxycon-Pro®) during low and high intensity exercise. *International Journal of sports Medicine*, 22(04), 291-294.
- Rusko, H. (2003). Physiology of cross country skiing. *Handbook of Sports Medicine and Science: Cross Country Skiing*, 1-31.
- Saltin, B. (1997). The physiology of competitive C.C. skiing across a four decade perspective; with a note on training induced adaptations and role of training at medium altitude. In E. Müller, H. Scawameder, E. Kornexl, & C. Raschner (Eds.), *Science and skiing*.
- Sandbakk, Ø., Ettema, G., & Holmberg, H.-C. (2012). The influence of incline and speed on work rate, gross efficiency and kinematics of roller ski skating. *European Journal of Applied Physiology*, 112(8), 2829-2838.
- Sandbakk, Ø., Ettema, G., Leirdal, S., Jakobsen, V., & Holmberg, H.-C. (2011). Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance. *European Journal of Applied Physiology*, 111(6), 947-957.
- 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), 117-121.
- 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, Ø., Holmberg, H. C., Leirdal, S., & Ettema, G. (2011). The physiology of world-class sprint skiers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(6), e9-e16.
- Sandbakk, Ø., Leirdal, S., & Ettema, G. (2015). The physiological and biomechanical differences between double poling and G3 skating in world class cross-country skiers. *European Journal of Applied Physiology*, 115(3), 483-487.
- Sandbakk, Ø., & Tønnessen, E. (2012). *Den norske langrennsboka*. Oslo: Aschehoug.

- Scrimgeour, A., Noakes, T., Adams, B., & Myburgh, K. (1986). The influence of weekly training distance on fractional utilization of maximum aerobic capacity in marathon and ultramarathon runners. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 55(2), 202-209.
- 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.
- Smith, G. A., Kvamme, B., & Jakobsen, V. (2009). *Effectiveness of ski and pole forces in ski skating* Paper presented at the 4th International congress on skiing and science (ISSS), St. Anton am Arlberg
- Smith, G. A., Nelson, R. C., Feldman, A., & Rankinen, J. L. (1989). Analysis of V1 skating technique of Olympic cross-country skiers. *International Journal of Sport Biomechanics*, 5(2), 185-207.
- Stöggl, T., & Holmberg, H.-C. (2016). Double-Poling Biomechanics of Elite Cross-country Skiers: Flat versus Uphill Terrain. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(8), 1580-1589.
- Stöggl, T., & Holmberg, H. C. (2011). Force interaction and 3D pole movement in double poling. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(6), e393-e404.
- Stöggl, T., Kempel, W., Müller, E., & Lindinger, S. (2010). Double-Push Skating versus V2 and V1 Skating on Uphill Terrain in Cross-Country Skiing. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(1), 187-196.
- Stöggl, T., Muller, E., & Lindinger, S. (2008). Biomechanical comparison of the double-push technique and the conventional skate skiing technique in cross-country sprint skiing. *Journal of Sports Sciences*, 26(11), 1225-1233.
- Svartdal, A. (2010, 20.04.2017). Best i løypa 2010- Teknikkprosjekt Olympiatoppen
- Tanner, R., & Gore, C. (2013). *Physiological tests for elite athletes*: Human Kinetics.

## Vedlegg

Vedlegg 1:

# Forespørsel om deltagelse i forskningsprosjektet

## Betydning av ulik stavlengde for effektivitet i dobbeldans hos mannlige langrennsløpere

### Vil du være forsøksperson?

Jeg, Torkel Moeng Sende er masterstudent ved Kroppsøving og idrettsvitenskap, Nord universitet, Levanger. Til min masteroppgave trenger jeg aktive langrennsløpere som forsøkspersoner. Jeg vil undersøke om forskjellige stavlengder i dobbeldans har innvirkning på effektiviteten i teknikken.

#### 1. Hva forsøket går ut på

Forskning har tidligere vist at økt stavlengde gir energibesparelse innenfor staking. Dette forsøket vil da ha som mål å undersøke om dette er tilfellet også innenfor dobbeldans i skøyting etter som det er visse likheter mellom disse to teknikkene i overkroppsarbeidet.

Kort fortalt vil forsøkspersonene gjennomføre to tester på rulleskimølle. Dette vil kunne gi svar på om økt stavlengde gir en positiv eller negativ effekt på effektiviteten i dobbeldans.

Normalstaven defineres som opp til haka, mens lang stav vil ha en økning på 7.5 cm opp fra normalstaven.

#### 2. Begrunnelse for forsøket

Innenfor idrett vil man alltid være på søken etter ting som kan gjøre at man kommer seg rasket mulig fra A til B. Stavlengder kan være en faktor som gir bedre eller dårligere framdrift. Derfor vil dette være en aktuell problemstilling å få svar på. Stavlengde er også et tema innenfor diskusjon i skimiljøet. Valget av teknikken dobbeldans begrunnes med at denne regnes som en teknikk som gir høyere hastighet en for eksempel padling og har i den senere tiden i større grad blitt brukt som teknikk i motbakke. Effekten av lange staver i staking har og vist seg å være størst i motbakker. Det er med denne bakgrunn at en har kommet til begrunnelsen for forsøket:

*Hensikten med studien er å undersøke om lengre staver enn normalstaven, gir en mer effektiv teknikk i dobbeldans som kan føre til en bedre prestasjon.*



### 3. Metode

Begge testene vil foregå på rulleskimøllen på Meråker vgs/ Nord Universitet. Det gjennomføres to ulike tester. Felles for begge testene er en generell oppvarming på 10 minutter løping på tredemølle på 10 % stigning, 60-72 % av  $HF_{max}$ . Forsøkspersonene bes om å forberede seg slik som om de skal gjennomføre en hard treningsøkt. Forsøkspersonene skal ikke gjennomføre hard eller utmattende trening dagen før forsøket, spise inne nærmere en 2 timer, og ellers skal de forberede seg på samme måte som de skulle gjennomføre en konkurranse ved å holde god væskebalanse, samt påse at motivasjon optimaliseres.

#### **Test 1. Arbeidsøkonomitest bratt motbakke og maksimal oksygenopptak.**

På denne testen skal du gjennomføre en arbeidsøkonomitest i bratt motbakke, etterfulgt av en  $VO_2$  peak test.

Arbeidsøkonomitesten gjennomføres med en konstant fart på 10 km/t, mens stigningen øker hvert andre drag. Du gjennomfører da to drag på 7, 9 og 11 % stigning. Hver stigning går med normalstav og staver som er 7.5 cm lenger enn normalstav. Hvilken stav man starter og avslutter med vil variere mellom forsøkspersonene. Hvert trinn varer i 5 minutter, med 1 minutt pause mellom trinnene for melkesyremåling. Mellom trinn 5 og 6 vil det bli gjennomført en pause på 5 minutter slik at resultatene ikke skal påvirkes av hverandre. Deretter får man 5 minutter aktiv hvile før man går over i en  $VO_2$  peak test. Denne gjennomføres på 11 % stigning, der startfarten er 10 km/t med økning på 0,8 km/t pr min. Denne testen gjennomføres med de stavene du til vanlig bruker under trening og konkurranse. Hele testen vil ha en varighet på ca.1 time. Underveis i dragene vil oksygenforbruket og hjertefrekvens bli målt. Etter endt drag vil subjektiv anstrengelse gjennom Borg skala bli registret og melkesyre konsentrasjonene i blodet målt med en enkel blodprøve (stikk i fingeren). Testen vil også bli filmet for å gjøre teknikkanalyser (sykluslengde og syklusfrekvens).

#### **Test 2. Arbeidsøkonomitest slak motbakke og prestasjonstest.**

På denne testen skal du gjennomføre en arbeidsøkonomitest i slak motbakke, etterfulgt av en prestasjonstest.

Testen vil bli gjennomført på 4 % stigning på 14, 17, og 20 km/t. Hver hastighet vil bli gått to ganger med henholdsvis normalstav og lang stav (7.5 cm lenger enn normalstav). Hvilken stav man starter og avslutter med vil variere mellom forsøkspersonene. Hvert trinn varer i 5 minutter, med 1 minutt pause mellom trinnene for melkesyremåling. Mellom trinn 5 og 6 vil det bli gjennomført en pause på 5 minutter, slik at resultatene ikke skal påvirkes av hverandre når anaerob terskel er overgått. Deretter får man 5 minutter aktiv hvile før man går over i en prestasjonstest. Der vil målet være å gå så lenge som mulig. Du starter på 16 km/t og øker med 1 km/t pr min til utmattelse. Denne testen gjennomføres med de stavene du til vanlig bruker under trening og konkurranse. Hele testen vil ha en varighet på ca.1 time. Underveis i dragene vil oksygenforbruket og hjertefrekvens bli målt. Etter endt drag vil subjektiv anstrengelse gjennom Borg skala bli registret og melkesyre konsentrasjonene i blodet målt med en enkel blodprøve (stikk i fingeren). Testen vil også bli filmet for å gjøre teknikkanalyser (sykluslengde og syklusfrekvens).

#### **4. Risikomomenter**

Måling av melkesyrekonsentrasjon vil foregå med et stikk i fingeren. Dette er ikke forbundet med noen fare og rutinemessige sikkerhetsrutiner blir fulgt under blodprøve takingen. Blodmengde vil være 5 mikrogram pr prøve.

#### **5. Fordeler ved deltagelse i studien.**

Du vil gå en grundig analyse av din utholdenhetskapasitet. Anaerob terskel og maksimalt oksygenopptak. Testen blir gjennomført etter standardiserte rutiner, som er enkelt kan retestes senere.

Du vil få svar på om økt stavlengde kan være positivt eller negativt for din prestasjon/ arbeidsøkonomi i dobbeldans.

#### **6. Praktiske ulemper.**

Hvert forsøk tar ca. 1 time, men testingen kan innlemmes som en økt i ukens treningsplan.

Du må påregne noe tid før og etter test slutt.

#### **7. Inklusjons- og eksklusjonskriterier**

##### Inklusjonskriterier

Aktive langrennsløpere som er vant til å gå på rulleski.

Forsøkspersonene skal ha deltatt på norgescup forrige sesong.

Alle forsøkspersoner skal være over 16 år

##### Eksklusjonskriterier

Luftveisproblemer siste 2 uker i forkant av testene.

Hard trening dagen før gjennomføring av test. Gjelder også styrketrening

Annen sykdom/skade som hindrer hard fysisk belastning.

Forsøkspersonene skal ikke nyte alkohol, røyk eller snus de siste 12 timene, eller spise de siste to timene før testen. De skal ikke trene forsøksdagen.

## 8. Konfidensialitet

Resultatene fra forsøket vil bli behandlet konfidensielt uten mulighet til å kunne spore datamateriale tilbake til enkeltpersoner. Forsøket legges fram Regional medisinsk etisk komite og personvernombudet for forskning før gjennomføring av forsøket.

## 9. Frivillighet.

Det er frivillig å delta i prosjektet og du ha full rett til å trekke deg ut av prosjektet i en hvilken som helst fase, og du trenger ikke oppgi noen grunn for å trekke deg. Dette i forhold til Helsinki deklarasjonen som omhandler bruk av mennesker i forskning.

## Bekreftelse på deltagelse i forsøket

Jeg bekrefter på dette at jeg har lest informasjonen om forsøket. Jeg har fått den informasjonen som jeg trenger og er villig til å delta i forsøket. Jeg er klar over at jeg kan trekke meg når jeg vil, uten å oppgi grunn.

Navn (Blokkbokstaver)

.....

Deltagers signatur

.....

Sted- dato

.....

Signatur (Foresatte hvis under 18 år)

.....