



# Bachelorgradsoppgave

**Er det en effektivitetsforskjell i staking og diagonalgang i forskjellige helningsvinkler i motbakker for klassisk langrenn?**

**Is there a difference in efficiency in double poling and diagonal stride in different angles of inclination in uphill for classic cross-country?**

KIF350

Bachelorgradsoppgave i kroppsøving og idrettsfag  
- faglærerutdanning

Lærerutdanning

Høgskolen i Nord-Trøndelag - 2015

## Sammendrag

**Lars Bakken Røen:** Er det en effektivitetsforskjell i staking og diagonalgang i forskjellige helningsvinkler i motbakker for klassisk langrenn? Bachelor idrett Høyskolen i Nord-Trøndelag, idrettsutdanningen i Meråker. Våren 2015

**Hensikt:** Med denne undersøkelsen ønsket jeg å finne ut om langrennsløperens effektivitet i staking i konkurransefart i motbakker sammenlignet med diagonal på rulleski når utøveren har 100% feste til underlaget.

**Metode:** FP i denne studien var 6 godt trente mannlige langrennsløpere som konkurrert på høyeste plan nasjonalt. FP var i alderen 20-23 år; snittalder 21 år. Gjennomsnittshøyde 74,2 og maks HF 197. Forsøket innebar 5 drag i staking og 5 i diagonal; alle på 3 minutter.

Tredemølla hadde en konstant fart på 10km/t, og dragene ble kjørt på henholdsvis 6-, 8-, 10-, 12-, og 14%. Etter dragen ble laktat, HF,  $VO_2$  og subjektiv opplevd anstrengelse(borg) målt.

**Resultat:** Studien viste at vet brattere helning (10-, 12-, og 14%) var diagonal en mer effektiv teknikk enn staking. Signifikant forskjell på Laktat ( $mmol^{-1}$ ) 12- og 14%: ( $P<0.01$ ) med en prosent-forskjell på 12% (-189,1) og 14% (-143,6). Signifikantforskjell borg-skala 14%: ( $P<0.01$ ). Signifikantforskjell HF 12%: ( $P<0.02$ )

**Konklusjon:** Diagonal er en mere effektive teknikk i motbakke på over 10% hos mannlige langrennsløpere på rulleski i konkurransefart.

**Nøkkelord:** Langrenn, Rulleski, Diagonal, Staking, Motbakke

Teori

Langrenn er en idrett i stadig utvikling!

Siden 1985 har en fått inn skøyting, jaktstart, sprint og fellesstarter.

Tradisjonelt har forskningen pekt på

$VO_{2max}$  (Holmberg et al. 2007; Ingjer 1991;

Saltin og Åstrand 1967), Anaerob Terskel

(AT) (Enosken et al. 2013) og

Arbeidsøkonomi ( Hoff et al. 1999;

Hoffman 1992; Hoffman et al. 1994;

Mikkola et al. 2007)) som de viktigste

begrensende faktorene for prestasjon i

langrenn. Pate og Criska (1984) viste

hvordan utholdenhetsprestasjon avhengte av disse 3 forholdene.

### De fysiologiske kravene

$VO_{2max}$  ses på som den viktigste suksessfaktoren i langrenn (Åstrand et al. 2003; Holmberg et al. 2007; Ingjer 1991), og at hovedforskjellen mellom verdenscup-løpere og eliteløpere ligger her

(Ingjer 1991).  $VO_{2max}$  defineres som den høyeste evne kroppen har til ta opp og omsette oksygen per tidsenhet (Gjerset et al 2006; Hoff et al. 1999; Hoffman 1992). Oksygentransporten begrenses av det sentrale og det perifere. De påvirker hverandre da hjertets slagvolum reduseres gjennom økt perifer motstand (Shepard 1977; Sutton 1992) I praksis blir det derfor viktig med mikropauser, mindre kraftbruk og unngå statisk muskelarbeid redusere perifer motstand på oksygentransport og unngå at slagvolumet reduseres (Åstrand et al. 2003).

Muskelfibertype 1 gir bedre betingelser for aerob energiomsetning enn muskelfibertype 2, gjennom større kapilærtetthet, flere mitokondrier og oksidative enzymer (Ivy et al. 1980; Åstrand et al 2003; Stisen et al. 2006). Muskelfibertypfordeling er forskjellig mellom bein og overkropp (Terzis et al. 2006). Det vil være forskjeller i hvor godt musklene kan bruke sin aerobe kapasitet avhenger av hvor store av hvor store og mange muskelgrupper som brukes samtidig (Richardson et al 1999; Terzis et al. 2006). Terzis et al. (2006) fant ut at høy andel av muskelfibertype 1 har signifikant høyere laktatterskel i % av  $VO_{2maks}$  enn utøvere med en stor andel av muskelfibertype 2 målt på sykkel.

Anaerobe terskel er det høyeste

intensitetsnivået med full likevekt mellom produksjon og eliminering av melkesyre (Gjerset et al. 2006). Arbeidsøkonomi er et mål på hvor mye energi en utøver forbruker ved en bestemt fart eller en bestemt distanse (Gjerset et al. 2006). Noe av energien vil gå med til å holde kroppsfunksjonen i gang, eller forsvinner som energilekkasje på grunn av lite hensiktsmessig teknikk (Sandbakk et al. 2011). Dette er og med til en viss grad å bestemme hvilken teknikk utøveren velger (Hoff et al. 1999; Hoffman 1992; Mikkola et al. 2007). I langrenn har vi to disipliner: fri teknikk (skøyting) og klassisk (Andersen et al.1991). Innen klassisk har vi de fire teknikkvariantene; diagonalgang, dobbelttak med fraspark, staking og fiskebein (Halle et al. 2012).

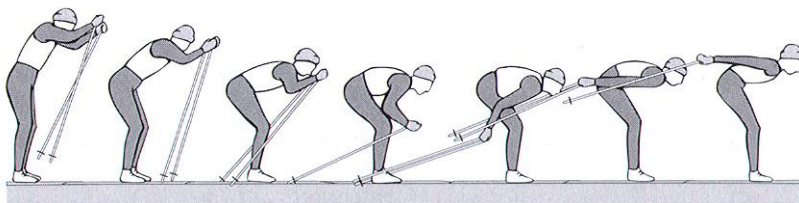
De senere årene har vi sett at utøvere i sprintlangrenn og turrenn velger staking og blanke ski som teknisktaktisk løsning og det med suksess. Vi har og sett at utøvere i tradisjonelt langrenn velger dette som løsning ved flatere løypeprofil, vanskelige smøreforhold og faste forhold for stavene fra junioralder av (for eksempel gikk 20 av de 30 beste i eldre junior herrer uten festesmurning på NC Sjusjøen desember 2013 og Beitostølen sesongåpning 2013). Vi har og sett at utøvere med relativt høy alder staker tøffe turrentraseer som Birken med suksess. De lange turrennene i

Ski-Classic, Marcia Longa, Vasaloppet, Årefjellsloppet, König Ludvig Lauf, er alle turrenn der staking er den eneste teknikken blant de beste.

### **Staking og diagonalgang**

Diagonalgang brukes både beina og armene i en kontinuerlig prosess der minst en komponent (arm eller bein) skaper

### **Moderne staketeknikk**



Billedserie 1 viser: *En gammel teknisk løsning av staking*

Fallet starter litt før stavene kommer i bakken (Torvik 2007); Overkroppen og hofta er i fall fremover slik at kroppstyngden kan overføres til stavene. Kraften kommer umiddelbart og selv draget foregår med lett bøyde armer der

framdrift hele tiden. I staking brukes overkroppen mer intensivt, mens beina brukes i en viss grad for å stabilisere og holde overkroppen i rett posisjon (Holmberg et al. 2005). Vi ser derfor på staking som overkroppsarbeid, der blodstrømmen blir tilknyttet stakemuskelaturen (Calbet et al. 2004).

overkroppen følger på stavene. Heller litt mer vinkel i knær og hofte som faller framover, enn å ”sette seg på rumpa”. Fullføres når stavene passerer hofta, spenner opp overkropp og går fram og opp for et nytt tak.



Billedserie 2 viser: *En nyere teknisk løsning av staking.*

Staking i langrenn har utviklet seg enormt de siste årene (Halle et al. 2012). Kortere vektarm – sterkere når håndleddet er nærmere skulderleddet, større fall gir mulighet til større kraft og større

aktivisering av hele overkroppen med mage og rygg (Halle et al. 2012).

Saltin mente allerede i 1997 at bedre preparerte løyper, stadig forbedrende ski- og stavfunksjon og sterkere og bedre trente

overkropper har resultert i høyere gjennomsnittshastighet i alt fra sprint til langløp og har økt bruken av staking i langrenn. Den økte snitthastigheten på distansene i langrenn de siste 30 årene har gjort staking til en mye mere benyttet skiteknikk, etter som det er en mer økonomisk skiteknikk i høyere hastighet enn de andre klassiske teknikkene (Hoffmann et al. 1994).

Holmberg et al., Stöggle et al. (2011) fant ut at de beste løperne skaper en lengre sykluslengde med en større eksentrisk innledning og en kortere, men større kraftimpuls enn tidligere. Dette er i tråd med det Torvik (2013) sier; eliteløpere går med samme takt, det er sykluslengde pr tak som er forskjellen – altså kraftimpulsen i hvert syklus er større.

### **Begrensninger og ulemper ved staking**

Om en utøver velger å stake avhenger av utøverens sterke og svake egenskaper, løypas beskaffenhet og da spesielt lange bratte stigningsparti, føreforhold og fasthet for stavtaket. Effektiviteten av staking er meget god i mange deler av løypa, og til nå har de fleste bare sett på begrensningene for å kunne stake og fokusert på de steder i løypa der en taper tid. Men reelt handler dette om alle steder en kan vinne tid i

### **Diagonalgang**

forhold til å gå diagonalgang (Torvik 2015) Det er allikevel noen begrensninger som vi må ta med, og da spesielt tiden det tar å reise kroppen og føre armer og staver fram igjen mellom hvert stavtak er uten framdrift skapende bidrag. I diagonalgang vil vi hele tiden ha en kraftkomponent som virker framdriftsskapende. I bratte bakker blir kraftbruken relativt høy, sammenlignet med 1RM og vil påvirke melkesyreproduksjon samt at du vil få avklemming av kapillærene, økt perifer motstand og som en konsekvens av dette er redusert slagvolum (Shephard 1977; Sutton 1992). I tillegg øker hastigheten på blodet gjennom muskelen slik at avgivelsen av O<sub>2</sub> blir dårligere.

### **Fordeler med staking**

Når bakken blir brattere vil angrepsvinkelen for kraften i staven gå mer og mer langs bakken, og mindre av kraften virker rett opp (Torvik 2015). Den kraften vi må presse på skien, for å trække ned festesonene, vil alltid være den samme (Rusko 2003). Bidraget fra armene vil øke naturlig med stigningen (Rusko 2003). Stavene får aldri gliptak og gir god fremdrift uansett føre så lenge det ikke er gjennomslag (Torvik 2015).



Billedserie 3 viser: *en godt gjennomført diagonalsyklus*

Bevegelsesmønsteret i diagonalgang er hovedsakelig satt sammen av den vertikale kraftkomponenten samt kraften løperen klarer å utvikle i fartsretningen (Rusko 2003).

Innledning til frasparket - leggen føres litt fram og etterfølges av en svikt i ankel, kneledd og hofteladd (Torvik 2007). Dette er en eksentrisk innledning i frasparkbeinet og setemuskelaturen før utstrekkingen av frasparkbeinet. Her festes skia og muliggjør frasparket. Kroppen skal være på "fall" fremover.

Frasparket (Torvik 2007) – en koordinert utstrekking av alle ledd som er involvert i bevegelsen. Starter med en sentralbevegelse rundt hofta og brer seg utover i mindre og mindre muskelgrupper. Frasparkets retning er ned mot underlaget og bakover, riktig retning på frasparket betyr en balanse mellom disse to retningene. Når frasparket er avsluttet pendler beinet bak og opp, skal tyngden fortsette fremover og over på standbeinet = tyngdeoverføring. (Holmberg 1996).

Glidfasen – Løperne skal gli med balansen på en ski, mens det skjer en strekning av standbeinet (Bergland 2001). Glidfasen er delvis en restitusjonsfase, ved å ha god balanse og tyngdeoverføring unngår man statisk muskelarbeid i standbeinet og restitusjonen blir mer fullstendig (Holmberg 1996).

Stavtakfasen – mens løperen er i glidfasen og i det øyeblikket staven settes i snøen begynner stavtakfasen (Bergland 2001). Stavens trinse settes i snøen like foran bindingen på skia – jo brattere – dess lengre bak settes staven (Torvik 2007). Albuen med en svak bøyning gjennom hele draget til den blir strukket ut på slutten, tyngde over draget og overkropp skal følge på staven gjennom draget og skyvet (Bergland 2001).

### **Fordeler med diagonal**

Diagonal er hovedsakelig en teknikk for motbakker. Sammenlignet med flater vil stigningen føre til en forkortet glidfase, men derimot en økt frekvens (Rusko 2003; Sandbakk et al. 2011). Å optimalisere teknikk i stigning vil være å minimalisere

tiden der vi ikke skaper fremdrift (Rusko 2003).

### **Begrensninger og ulemper ved diagonalgang**

For å opprettholde en akselerert bevegelse er kraft i samme retning som akselerasjonen en betingelse (Renstrøm 1997). Gravitasjonskraften virker alltid vertikalt på underlaget, og vil hjelpe fremdriftskreftene i nedoverbakke, mens motarbeide i motbakke (Rusko 2003). Den vertikale kraften i et fraspark vil være 2-3 ganger egen kroppsvekt, mens den kraften som utvikles i fartsretningen vil være 10-25% (Rusko 2003; Holmberg 2005). Kraftimpulsen på 0,1-0,25sek (Komi 1987; Nilsson et al 2004). Ved riktig valg av festesmøring vil skien skape stor nok friksjon til at løperen ved hjelp av normalkraften + snøfriksjonen kan utvikle fart i løpsretningen (Rusko 2003). Smith (1992) peker på varierende snø og/eller smøreforhold er lite forsket på, da dette er daglig utfordring i skiidretten. Å utvikle kraft i fartsplanet avhenger av god timing i frasparket (Rusko 2003). Det må være nøye tilpasset de vertikale og horisontale kreftene i forhold til skiens glidfart (Rusko 2003)

Jo brattere bakken blir, dess vanskeligere blir det å feste skia til underlaget fordi effekten av normalkraften (som alltid

virker 90° på underlaget) blir mindre, noe som reduserer friksjonskreftene mellom ski og snø (Torvik 2015). Konsekvensen av dette er at utøveren får glipptak og da er farten til utøveren null. Det kan derfor se ut som at effektiviteten i de to teknikkene avhenger av underlaget, dvs. muligheten til å skape kraft med staver og ski. Det kan også se ut som at effektiviteten avhenger av hellingsvinkelen på motbakkene (bratthet), samt teknisk løsning til den enkelte utøver.

Det vil derfor være interessant å se på energikostnad og prestasjon i disse to teknikkene i forskjellig hellingsvinkel på motbakkene ved konkurransefart.

Hensikten med denne undersøkelsen er derfor å undersøke langrennsløperens effektivitet i staking i konkurransefart i motbakker, sammenlignet med diagonalgang på rulleski der utøveren har 100% feste til underlaget .

### **Problemstilling**

Er det forskjeller i effektiviteten i staking og diagonalgang i forskjellig hellingsvinkel i motbakker klassisk langrenn?

## Metode

**Forsøkspersonene** (FP) i denne studien var 6 godt trente mannlige langrennsløpere. Alle FP er studenter ved HINTs avdeling i Meråker. FP konkurrerer på høyeste plan nasjonalt, og var i alder fra 20-23 år; snittalder på 21 år. Gjennomsnitt- vekt 74,28, høyde xxx, og maks hjertefrekvens 197.

Forsøkspersonene ble informert om studiens hensikt før de ble med på studien, FP deltok frivillig og kunne trekke seg fra studien om ønsket. Forsøket ble godkjent av veileder på HINT og ble gjennomført etter retningslinjene i Helsinkideklarasjonen om mennesker som forsøksperson i vitenskapelig undersøkelser.

**Instrumenter og utstyr.** Denne studien er utført på en Rodby RL 3500-tredemølle (SWE). Hjertefrekvensen ble målt med Polar RC3X-pulsklokke (FIN) med tilhørende pulsband. Oksygenopptak ble målt med Jaeger Oxycon Pro (GER). FP stilte med egne klær tilpasset temperatur og egne skisko. Rulleski som ble benyttet var fra Swenor (NOR) med rullemotstand 2 (vanlig), Rottefella nnn-bindinger (NOR) og Swix CT1 skistav (NOR) i rett tilpasset lengde med spesiallagde rulleskipigger(modifiserte stålbørster) for rulleskibånd/tredemølleband. Borg-skala

benyttet(Borg 1962).

**Testene** ble gjennomført på Meråker VGS sin testlab.

For å finne svar på problemstillingen ble en testprotokoll bestående av staking og diagonalgang med gradvis økende belastning benyttet og standardisert hastighet for alle FP. FP staket og gikk diagonalgang på samme trinnvis økende belastning til utmattelse. Først ble en standard oppvarming tilsvarende 60-75% av Max HF gjennomført individuelt. Testing av effektiviteten av staking og diagonalgang ble først testet ved et drag med helningsgrad 6% på mølla i 3 minutter. Videre vil økningen i helningsgraden være 2% hvert tredje minutt med målinger av laktat, hjertefrekvens,  $VO_2$  og subjektiv opplevd anstrengelse . Alle trinnene i testen ble gjennomført med en konstant fart på 10 km/t. Testen ble avsluttet etter 3 minutter på 14%.

FP ble bedt om å forberede seg som til en konkurranse vedrørende trening dagen før, spising, drikking, søvn og lignende

## Statistikk

For å finne ut arbeidsøkonomien til de to teknikkene ble oksygenopptaket for de to teknikkene målt ved en fast hastighet med varierende helningsvinkel.



Alle data i denne undersøkelsen er spredning, standard avvik og prosentforskjell. For å finne ut om det var noen statistisk forskjell mellom arbeidsøkonomien ved staking og diagonalgang ble en students t-test gjennomført for alle belastninger.

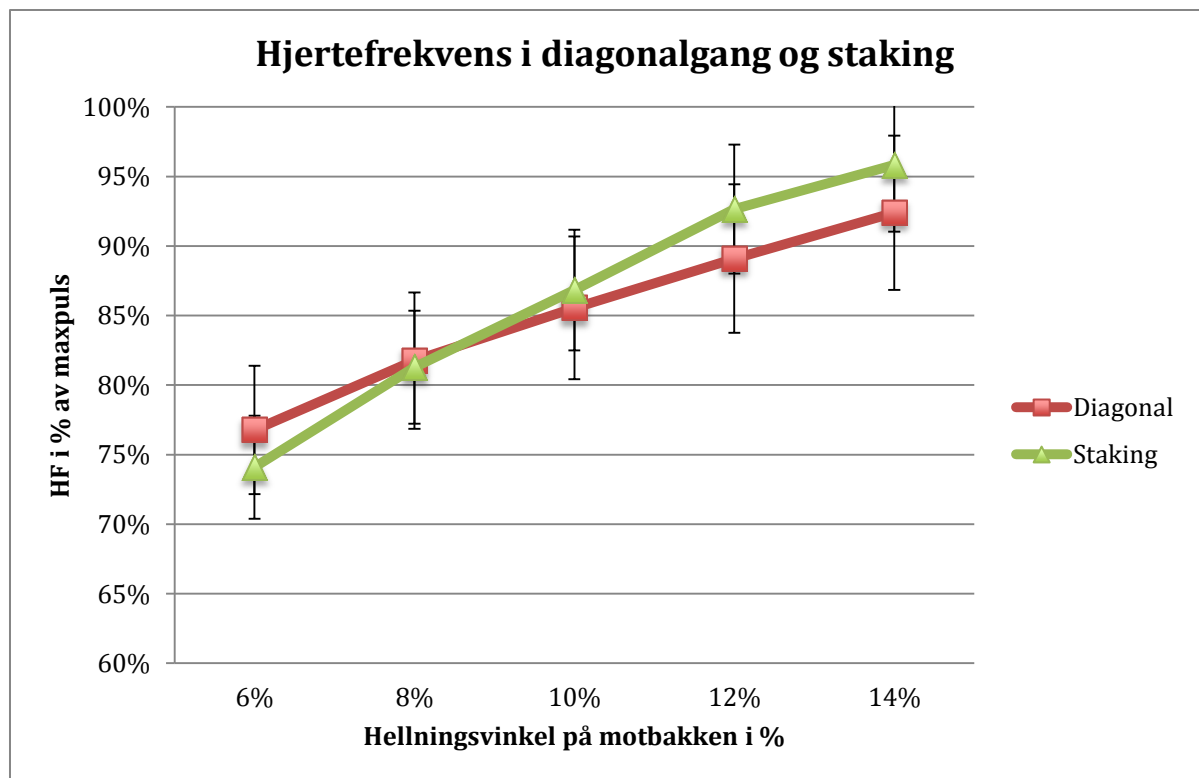
Signifikansnivået ble satt til  $P=0,05$ . Forholdet mellom staking og diagonalgang ble også plottet slik at man kunne få et visuelt syn på hvordan effektiviteten til de to teknikkene utviklet seg med en økende bratthet på motbakken.

## Resultat

Resultatene i denne undersøkelsen viste at FP greide å stake ved samme hastighet og bratthet på motbakkene. FP fikk derimot forskjellig fysiologisk respons på forskjellige belastninger. På samme måte rapporterte FP om forskjellig subjektiv opplevd belastning Se tabell nr. 1 og figur 1-4

<b>Diagonal</b>	<b>6 %</b>	<b>8 %</b>	<b>10 %</b>	<b>12 %</b>	<b>14 %</b>
Tid	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00
Puls	152	161	169	176	182
% av maks	77 %	82 %	86 %	89 %	92 %
Borg	8,50	11,17	13,50	15,00	16,67
Laktat	2,77	2,23	2,27	3,23	5,12
VO <sub>2</sub>			57,40	62,65	66,65
<b>Staking</b>	<b>6 %</b>	<b>8 %</b>	<b>10 %</b>	<b>12 %</b>	<b>14 %</b>
Tid	03:00	03:00	03:00	03:00	02:33
Puls	146	160	171	183	189
% av maks	74 %	81 %	87 %	93 %	96 %
Borg	8,33	12,50	14,67	17,00	19,50
Laktat	2,80	3,13	4,68	7,95	12,47
VO <sub>2</sub>			59,05	65,50	67,67

**Tabell nr. 1: viser oversikt over metabolske og subjektivt opplevd belastning ved forskjellig % helningsvinkel.**



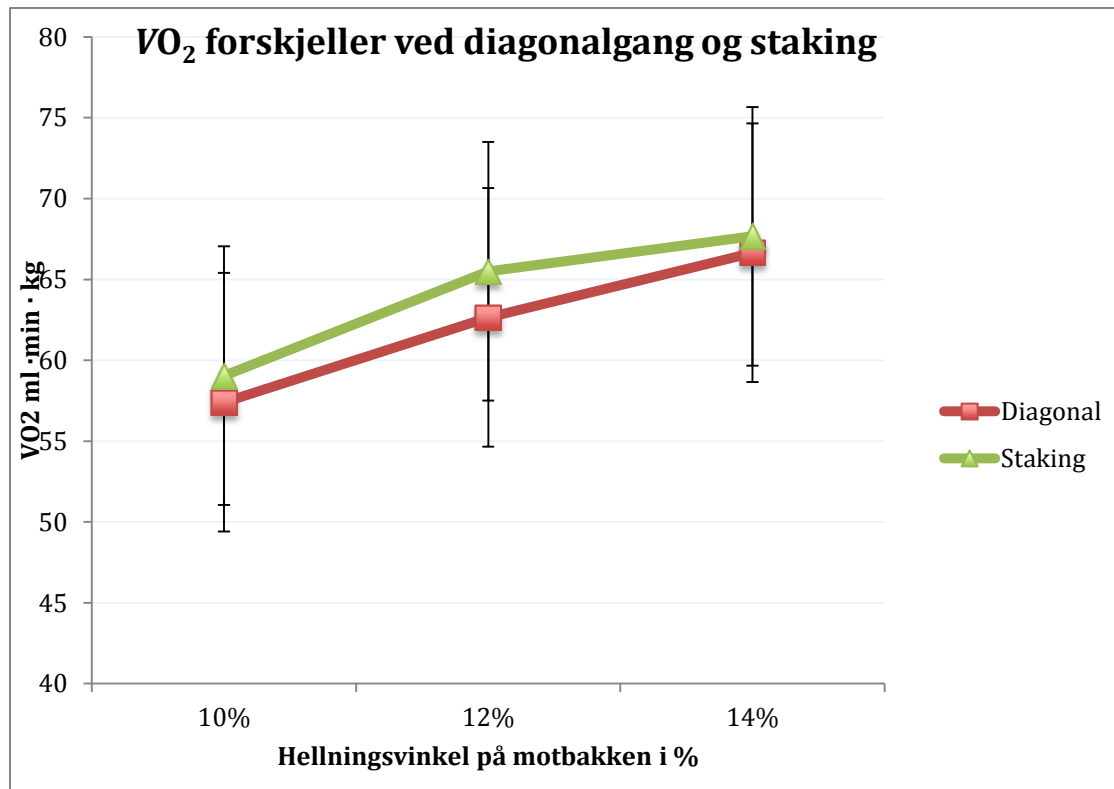
Figur 1: Viser hjertefrekvensen i prosent av makspuls på de forskjellige stigningene med staking og diagonalgang på rulleski

I staking hadde FP 3% lavere prosent av maks hjertefrekvens ved 6km/t, 1% lavere ved 8km/t, 1% høyere ved 10km/t og 4 % høyere ved 12- og 14% stigning.

Spredning i HF-prosent i diagonal og staking 6% (77-74), 8% (82-81), 10% (86-87), 12% (89-93), 14% (93-96)

Statistisk var det en signifikant forskjell ved helningene 6% ( $P < 0.10$ ), 8% ( $P = 0.2302$ ), 10% ( $P = 0.3419$ ) 12% ( $P < 0.02$ ) og 14% ( $P < 0.10$ )

Prosentforskjell 6% (3,896), 8% (1,219), 10% (-1,163), 12% (-4.494), 14% (-3,226)



Figur 2: Viser oppnådd VO<sub>2</sub> på de tre siste dragene med staking og diagonalgang på rulleski

I staking hadde FP en jevnt høyere VO<sub>2</sub> enn diagonalgang på stigningene 10-, 12- og 14 %

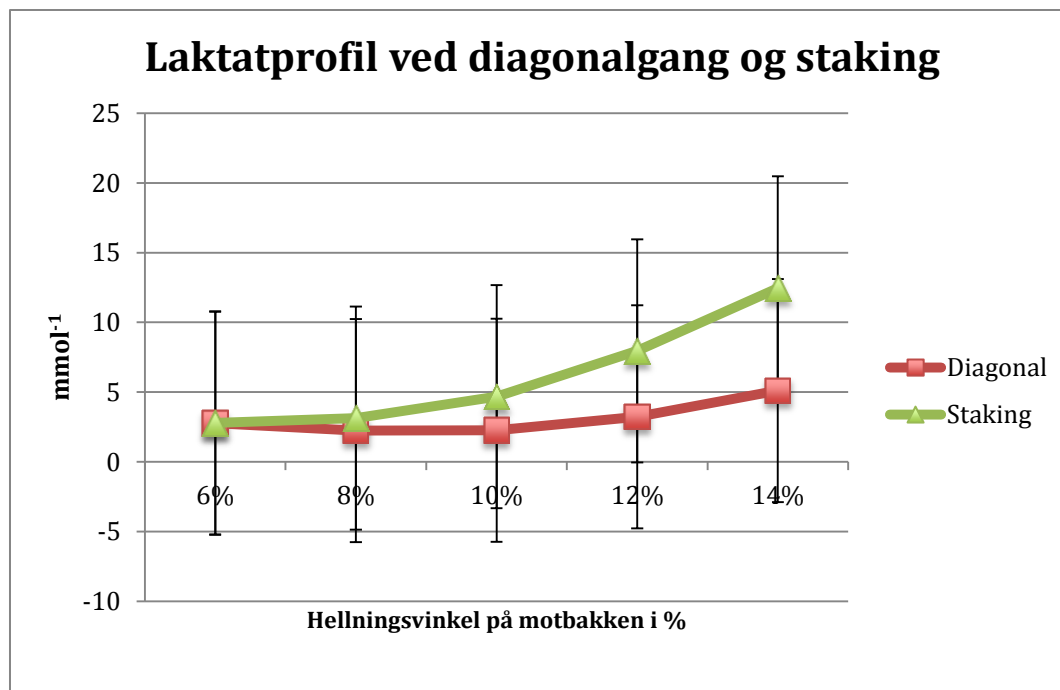
Statistisk var det en signifikant forskjell ved helning 10% (P<0.4448), 12% (P<0.2484) og 14% (P<0.4507)

Spredning VO<sub>2</sub>ml\*min\*kg på diagonal og staking: 10% (57,4-59,05), 12% (62,65-65,5), 14% (66.65-67,66)

Prosentforskjell 10% (-2,846), 12% (-4,550) og 14% (-1,325)

Signifikant RER-verdi (snitt av 3 siste målinger 14%) (P<0.0025)

RER-verdiferdifikjell 10% (0,07), 12% (0,09) og 14% (0,12)



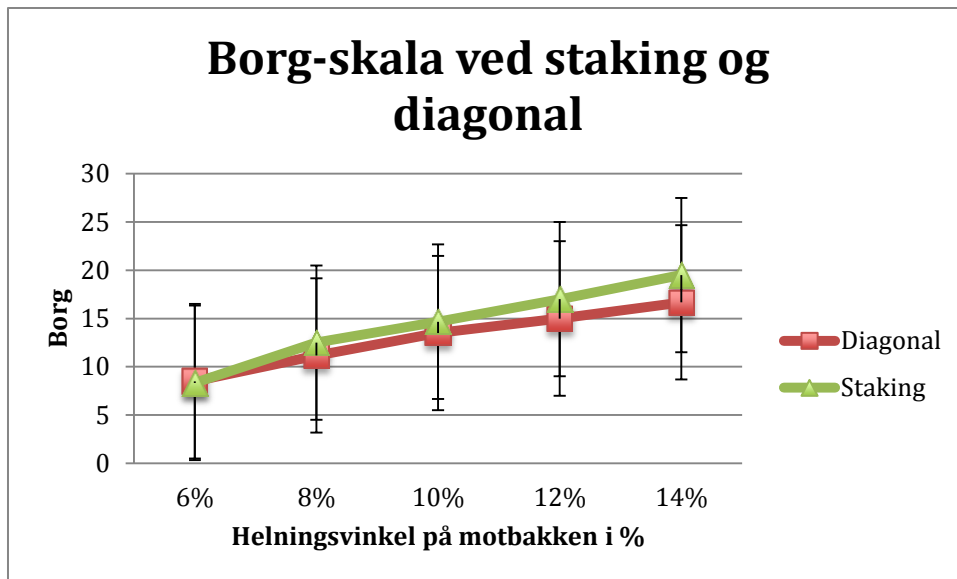
Figur 3: Viser laktatprofilen ved 10 km/t og stigende motbakke i staking og diagonalgang på rulleski.

I staking hadde FP lik laktat på lik 6%. FP på diagonal gikk lavere på 8- og 10 %, og hadde en liten økning til 12- og 14 %. Staking hadde en jevn, bratt stigning fra første til siste drag.

Spredning i laktat (mmol<sup>-1</sup>) ved 6% (2,7-2,8), 8% (2,2-3,1), 10% (2,7-4,7), 12% (2,8-8,0), 14% (5,1-12,5)

Statistisk var det en signifikant forskjell ved helningene 6% (P<0.6031), 8% (P<0.0505), 10% (P<0.001), 12% (P<0.01) og 14% (P<0.01)

Prosentforskjell 6% (-1,207), 8% (-40,299), 10% (-106,622), 12% (-189,090) og 14% (-143,650)



Figur 4: Viser Borg-skala på de forskjellige stigningene med staking og diagonalgang på rulleski.

Borg var veldig spredd på 6 og 8 %, mens de tre siste dragene var FP samstemt.

Spredning i borg-skala 6% (8-8), 8% (11-12), 10% (14-15), 12% (15-17), 14% (17-20)

Statistisk var det en signifikant forskjell på helningene 6% ( $P < 1.0000$ ), 8% ( $P < 0.1596$ ), 10% ( $P = 0.1079$ ), 12% ( $P < 0.05$ ) og 14% ( $P < 0.01$ )

Prosentforskjell 6% ( $P < 9,960$ ), 8% (-11,940), 10% (-8,642), 12% (-13,333) og 14% (-17,000)

## Diskusjon

**Det viktigste funnet i denne undersøkelsen var at klassisk diagonalgang er mer effektivt enn staking ved 10, 12 og 14 % motbakke på rulleski.  $VO_2$  var i staking henholdsvis  $1,65_{ml*min*kg}$  høyere ved 10%,  $2,85_{ml*min*kg}$  ved 12% og  $1,01_{ml*min*kg}$  ved 14%. HF var signifikant høyere på stigningene 12% ( $P<0.02$ ) og 14% ( $P<0.01$ ). Laktatmålingene var høyere ved 10, 12 og 14% motbakke henholdsvis 106,6, 189,1 og 143,7%.**

$VO_2$  var høyere i staking enn diagonal fordi det kostet mer energi å stake, forskjell på  $2,85_{ml*min*kg}$  ved stigning 12%. Dette kan skyldes at muskelfibertype 1 gir bedre betingelser for aerob energiomsetning ved lavere kraftbruk, noe vi har mer av i føttene enn overkroppen. Dette er vist i en rekke rapporter (Ivy et al. 1980; Åstrand et al 2003; Stisen et al 2006). I diagonalgang har man innledning av fraspark (Torvik 2007), frasparket (2007; Holmberg 1996), glidfasen (Bergland 2001; Holmberg 1996) og stavgangfasen (Bergland 2001) som fører til at alltid en fot og motsatte hånd jobber mot underlaget. Dette tillater bruk av mindre muskelkraft i hver syklus. Rapporter viser at kraftbruken i hver syklus ligger mellom 10 og 25 % av 1RM (Rusko 2003; Holmberg 2005). Rusko (2003) hevder at

å optimalisere teknikk i stigningene vil være å minimalisere tiden der vi ikke skaper fremdrift. Staking derimot krever mere kraft fordi vi har en stor del av syklusen som er uten framdriftsskapende element. All den tid stavene er på tur fram igjen vil være en retardasjonsfase under staking i motbakke. Denne fasen må kompenseres med høyere kraft for å kunne holde samme fart. Og dette ser ut til å koste mere energi og derved en høyere oksygenkostnad.

HF er også med å vise høyere energikostnad med signifikant 12% ( $<0.02$ ) og 14% ( $P<0.01$ ) høyere hjertefrekvens. En høyere frekvens kan og skyldes høyere perifer motstand som et resultat av større kraftbruk og mere muskelfibertype 2 i den framdriftsskapende bevegelsen. Forskjell i HF kan da forklares med avklemming av kapillærene, økt perifer motstand, som igjen får konsekvens av redusert slagvolum (Shephard 1977; Sutton 1992; Åstrand et al. 2003). For å kompensere for dette må HF øke. Dette støttes også av høyere laktat og FPs subjektive opplevelse av anstrengelse som også var høyere i staking.

**Laktatverdiene viser på stigningene 10-, 12- og 14% at det ble signifikant høyere**

laktatverdier, det var hele  $\approx 1,5$  gang høyere snittverdier. På 14% var det i staking målt  $12,47_{\text{mmol}^{-1}}$ , mens diagonal  $5,12_{\text{mmol}^{-1}}$ . Dette tilsier at arbeidsintensiteten var langt over terskel, den høyeste intensitetsnivået med full likevekt mellom produksjon og eliminering av melkesyre (Gjerset et al 2006). Laktatverdiene i staking var skyhøy i forhold til diagonal, og at farten for stakingen lå høyt over de antatte verdiene for AT. Jevn kraftutvikling i diagonal med minimal tid for pause mot underlaget (Rusko 2003) bidrar til at oksygentransportsystemet greier å forsyne energiomsettinga med nok  $O_2$  til å hindre laktatopphoping i diagonal. I staking jobber ikke stavene mot bakken hele tiden, og vi får høyere kraftutvikling, dette kan forsterkes av feil (for dyp og bakpå) teknisk løsning. Tiden vi bruker fra vi avslutter stavtaket, til vi får reist kroppen, ført fram armene og plantet stavene i bakken igjen er uten fremdrift skapende bidrag, denne forlenges om utøveren jobber dypt og blir bakpå. Dette bidrar til at anaerob energiomsetning. Ikke bare fordi kraften som må til for å skape framdrift er stor, dype posisjoner og statiske posisjoner er og svært tungt for beina og det er sannsynlig at dette medfører anaerob laktatproduksjon. I diagonalgang jobber føttene kontinuerlig i takt med motsatt arm i en høy posisjon og

har liten del av 1RM pr tak, noe som reduserer laktatproduksjon.

**Borg** (Borg 1962) indikerte at FP presset seg maks i denne testen, ved 14% ( snitt 19,5 av 20). RER- verdiene (14% diagonal (0,97) og staking (1,09) er også i samsvar med dette. 1,09 i staking tilsier et tydelig anaerobt bidrag (i slutten av draget). Mens en R verdi på 0,97 i diagonalgang tilsier en tilnærmet rein karbohydratomsetting.

De fysiologiske og subjektive parameterne i denne undersøkelsen gir oss indikatorer på at en plass rund 10-12 % motbakke er det en overgang til at staking er mindre effektivt en diagonalgang, forutsatt at utøveren går med 100% feste slik en gjør på rulleski. Når forsøkspersonene går på rulleski så slipper de å ta hensyn til at skia må trykkes ned i underlaget slik at en kan skape friksjon nok til at skis festes i snøen. En del beregninger tilsier at hele 80% av energien i et fraspark ( Smith 1992) går med til å feste skia til underlaget. På rulleski er frasparket mye mere effektivt, der kan du bare sparke rett bak og det er ikke store kravet til Normalkraft for at rulleskia skal feste seg til underlaget slik at utøveren får framdrift. Beina har en mye større kraftressurs sammenlignet med overkroppen om en sammenligner muskelmasse. Denne kan brukes effektivt om vi har feste, dersom feste blir litt dårlig eller vi får glipptak vil opp mot 100% av

kraften virke i Normalkraftas retning, vinkelrett på bakken. Dette gjør nok diagonalgang en klar fysiologisk fordel om en har 100% feste slik som på rulleski.

**Langrennsski** - på snø vil en anta at resultatet vil sett annerledes ut. Rusko (2003); Smith (1992); Torvik (2015) påpeker at løperen kan utvikle fart ved at det skapes stor nok friksjon mot underlaget ved hjelp av normalkraft og snøfriksjon. Er ikke skien festet til underlaget, eller frasparket ikke har god timing (Rusko 2003) og kraftretning, vil det ende i glipptak. Konsekvensen av glipptak er at utøveren blir frarøvet all fremdrift, og den vertikale kraften, 2-3 ganger egen kroppsvekt (Rusko 2003; Holmberg 2005) vil være med å skape en stor ubalanse og unødig kraftbruk. Dette er ikke tilfelle i staking, som kun krever at stavene ikke synker ned i snøen. Der diagonalgang blir vanskelig pga redusert normalkraft i brattere bakker får armene og overkroppen bedre forutsetning pga stavenes

angrepsvinkel bedres ettersom bakken blir brattere. Greier utøveren å holde seg høyt og redusere tiden det tar å føre armer og staver fram igjen vil sannsynligvis bare noen få glipptak i en motbakke kunne utligne fordelene sammenlignet med staking. Usikkert feste og glipptak vil gjøre det nærmest umulig å konkurrere med staking over tid. Videre forskning på område må gjøres ute på ski, under forskjellige føre og helningsvinkel på motbakkene. Det er sannsynlig at selv ved godt feste på ski vil resultatene sett annerledes ut pga opp- og nedbevegelsen og den store andel av kraftbruken som går med til å bare skape nok friksjon til at skia festes til underlaget

### **Konklusjon**

Diagonal er en mer effektiv teknikk i motbakke på over 10% hos mannlige langrennsløpere på rulleski i konkurransefart.



## Litteraturliste:

Andersen I, Nymoene P (1991) Langrenn - trening-teknikk-taktikk, Universitetsforlaget

Åstrand P-O, Dahl H A, Rodahl K (2003). Textbook of Work Physiology, Macgraw-Hill, New York

Bergland H (2001) Tids- og teknikkstudie I slak motbakke fra 5 km kvinner under VM I Trondheim 97 Hovedfagsoppgave – Norges idrettshøgskole

Borg, G. (1962). Physical Performance and Perceived Exertion. Lund: CWK Gleerup. Dissertation.

Calbet, J A L, Holmberg H C, Rosdahl H, van Hall G , Jensen-Urstad M, Saltin B (2005) Why do arms extract less oxygen than legs during exercise – Am J Regul Integr Comp Physiol. 2005 Nov;289(5):R1448-58

Enoksen E, Tjelta L-I, Tønnessen E (2013) Utholdenhetstrening. Forskning og beste praksis, Cappelen Damm

Gjerset A, Haugen K, Holmstrand P, Raastad T, Giske R (2006) Treningslære, Gyldendal Forlag

Halle S, Bråten I (2012) Learn2ski – Lær klassisk langrenn, Cappelen Damm

Hoffman M D, Clifford P S, Wattson P B, Droblish K M, Gibbons T P, Newbury V a, Sulentic JE, Mittelstadt S W, O'Hagan KP (1994) Physiological comparison of uphill roller skiing: diagonal stride versus double pole. Med Sci Sports Exercise [26(10):1284-1289]

Holmberg H.-C. (2005) Physiology of Cross-Country Skiing – with special emphasis on the role of the upper body. Department of Physiology and Pharmacology, Stockholm.

Holmberg H C (1996) Svensk längdäknning, Teknik/Methodik. Svenska skidförbundet, Cewe-förlaget, Bjästa

Holmberg H C., Lindinger S, Stöggl T, Eitzmair E, Müller E (2005) Biomechanical Analysis of Double Poling in Elite Cross-Country Skiers. Medicine and Science in Sports and Science.

Holmberg H C., Stöggl T (2011) Force interaction and 3D pole movement in double poling. Scand J Med Sci Sports

Ingjer F (1991) Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and men elite cross-country skiers. Scand J. Med. Sci. Sports 1:25-30

Ivy JL, 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. J Appl Physiol, Mar; 48(3):523-7.

Lindinger S F, Göpfert C, Stöggl T, Müller E, Holberg H C (2009) Biomechanical pole and leg characteristics during uphill diagonal roller skiing. Sports Biomechanics 8(4): 306-321

- Pate RR, Kriska A (1984) Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance. *Sports Med* 1:87-98
- Renstrøm R (1997) *Kraft Og Bevegelse, innføring i mekanikk*. Høyskoleforlaget.
- Richardson R S, Grassi B, Gavin T P, Haseler L J, Togore K, Roca J, Wagner P D (1999) Evidence of O<sub>2</sub> supply-dependent VO<sub>2max</sub> in the exercise-trained human quadriceps. *J. Appl. Physiol.* 86(3): 1048-1053.
- Rusko, H (2003) *Cross Country Skiing. Biomechanics of cross country skiing*, Blackwell science.
- Saltin B (1997) The physiology of competitive cross-country skiing across a four decade perspective. *Science and skiing*. Cambridge pp. 435-469
- Saltin B, Åstrand P-O (1967) Maximal oxygen uptake in athletes. *Journal of Applied physiology* Vol.23 no 3, 353-358
- Sandbakk Ø (2011) *Physiological and Biomechanical Aspects of Sprint Skiing*, Doctoral theses at NTNU, 2011:36
- Sandbakk Ø, Tønnesen E (2011), *Den norske langrennsboka*, Askehaug forlag
- Shephard R J (1977). *Endurance fitness*, 2 nd. University of Toronto Press, Toronto
- Smith G A (1992) Biomechanical analysis of cross-country skiing techniques, *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 24, No 9, pp. 1015-1022
- Sutton J R (1992). Limitations to maximal oxygen uptake. *Sports Med* 13: 127-133
- Stisen A B, Stougaard O, Langfort J, Helge J W, Sahlin K, Madsen K (2006) Maximal fat oxidation rates in endurance trained and untrained woman. *Eur J Appl Physiol.* Nov; 98(5):497-506
- Stöggl T, Lindinger S, Müller E (2007) Analysis of a simulated sprint competition in classical cross country skiing. *Scand J Med Sci Sports* 17: 362-372
- Terzis G, Stattin B, Holmberg H C. Upper body training and the triceps brachii muscle of elite cross country skiers. *Scand J Med Sci Sports.* 2006 Apr;16(2):121-6.
- Torvik P-Ø (2007) trener 3 kurs langrenn, modulhefte nr. 7
- Torvik P-Ø (2013) Powerpoint langrenn, Grunnfag HINT
- Torvik P-Ø (2015) Klassisklangrenns fremtid, Optima ski