

Mastergradsoppgave

Teknikkbytter og hysteresse på rulleski hos kvinnelige juniorlangrennsløpere i uthvilt og sliten tilstand

Sandra Alise Lyngstad

MKØD0606

Mastergradsoppgave i

Kroppsøving

2012



Avdelingsnavn for
lærerutdanning



SAMTYKKE TIL HØGSKOLENS BRUK AV MASTEROPPGAVE I KROPPSØVING

Forfatter: Sandra Alise Lyngstad

Norsk tittel: Teknikkbytter og hysteresis på rulleski hos kvinnelige juniorlangrennsløpere i uthvilt og sliten tilstand

Engelsk tittel: Gear transitions and hysteresis on roller skis for female cross-country skiers in the state rested and fatigued

Kryss av:

Jeg samtykker i at oppgaven gjøres tilgjengelig på høskolens bibliotek og at den kan publiseres på internett i fulltekst via BIBSYS Brage, HiNTs åpne arkiv

Min oppgave inneholder taushetsbelagte opplysninger og må derfor ikke gjøres tilgjengelig for andre

Kan frigis fra: _____

Dato:

underskrift

Teknikkbytter og hysteresse på rulleski hos kvinnelige juniorlangrennsløpere i uthvilt og sliten tilstand

Lyngstad, S A
Høgskolen i Nord-Trøndelag

Sammendrag

Hensikten med dette studiet var å undersøke om teknikkbyttene på rulleski er preget av hysteresse, altså om teknikkbyttene oppstår på en lavere kontrollparameter på en synkende protokoll, enn hva de gjør på økende protokoll i uthvilt og sliten tilstand. I tillegg ble det undersøkt om oksygenopptaket blir påvirket av økende og synkende protokoll i uthvilt og sliten tilstand.

Ni godt trent (VO_{2max} $59,4 \pm 3,4$) kvinnelige juniorlangrennsløpere ($17 \text{ år} \pm 1,3$) deltok i studien. Deltagerne gjennomførte en teknikkbyttetest på rulleskimølle i uthvilt og sliten tilstand for å registrere når og på hvilken hastighet og stigning teknikkbyttene oppsto på. Testen startet med en økende protokoll, og hastighet og stigning ble manipulert for å få fram teknikkbyttene i rekkefølgen enkeldans, dobbeldans og padling. Halvveis reverserte testen og deltagerne startet med en synkende protokoll for å få fram teknikkbyttene i rekkefølgen padling, dobbeldans og enkeldans. Oksygenopptak og hjertefrekvens ble målt kontinuerlig de 15 minuttene testen varte. Mellom de to teknikkbyttetestene løp deltagerne en utmattelsestest på tredemølle, for å undersøke forskjellen mellom uthvilt og sliten tilstand.

Resultatene viser at teknikkbyttene på rulleski oppstår på en lavere kontrollparameter på en synkende protokoll, sammenlignet med hva de gjør på en økende protokoll fra dobbeldans til padling og padling til dobbeldans (DD-PD og PD-DD) ($p=0,001$) uavhengig av uthvilt og sliten tilstand. Det er ingen signifikant forskjell mellom funn av hysteresse i uthvilt og sliten tilstand ($p = 0,96$). Teknikkbyttene oppstår på et signifikant lavere oksygenopptak på økende protokoll sammenlignet med synkende protokollen i både uthvilt ($p = 0,001$), og sliten tilstand ($p = 0,002$).

Studiet viser at teknikkbyttene på rulleski er preget av hysteresse, og at det ikke er noen forskjell mellom funn av i hysteresse i uthvilt og sliten tilstand

Nøkkelord Work rate, oksygenopptak, kontrollparameter, ordenparameter, motorisk kontroll

Gear transitions and hysteresis on roller skis for female cross-country skiers in the state rested and fatigue

Lyngstad, S A
Nord-Trøndelag, University College

Abstract

The purpose of this study was to investigate whether gear transitions on roller skis are characterized by hysteresis, though the gear transitions occurs at a lower control parameter on the descending protocol, compared to an increasing protocol in rested and fatigue. In addition, it was investigated whether the oxygen uptake was influenced by increasing and decreasing protocol in rested and fatigue.

Nine well-trained (VO_{2max} $59,4 \pm 3,4$) female cross-country skiers (age $17 \pm 1,3$) participated in the study. Participants completed a gear transition test on a treadmill in the state rested and fatigue, to detect what speed and incline gear transitions occurred. The test started with an increasing protocol where speed and incline were manipulated to bring out V2 alternate, V2 and V1. Halfway through the test, it reversed, and the participants started with a decreasing protocol to bring out V1, V2 and V2 alternate. Oxygen uptake and heart rate were monitored continuously during the test. Between the two gear transition tests, the participants ran a fatigue test on a treadmill, to see the difference between rested and fatigue.

The result show that gear transitions in roller skis occurs at a lower control parameter with decreasing protocol, compared to the increasing protocol from V1 to V2 and V2 to V1 ($p = 0,001$) regardless to rested and fatigue.

There are no significant difference between the findings of hysteresis in rested and fatigue condition ($p = 0,96$). The gear transitions occur at a significantly lower oxygen uptake at increasing protocol compared with the decreasing protocol in both rested ($p = 0,001$) and fatigue ($p = 0,002$).

The study shows that gear transitions on roller skis are characterized by hysteresis and there are no differences between the findings of hysteresis in rested and fatigue.

Keywords work rate, oxygen uptake, control parameter, order parameter, motor control

Innhold

INTRODUKSJON	6
METODE	10
Eksperimentell tilnærming til forskningsspørsmålet	10
Deltagere.....	10
Test av maksimalt oksygenopptak.....	12
Utrekning av intensitetssone.....	13
Teknikkbyttetest	13
Definering av et teknikkbytte og hysteresese	14
Utrekning av work rate	15
Utmattelsestest.....	15
Statistiske analyser	15
RESULTATER	17
Funn av hysteresese	17
Oksygenopptak ved teknikkbyttene.....	18
DISKUSJON	21
Funn av hysteresese	21
Hysteresese i uthvilt og sliten tilstand	22
Oksygenopptak ved teknikkbyttene.....	24
Begrensinger.....	26
KONKLUSJON	27
Praktiske konsekvenser av studien	27
ETTERORD	28
REFERANSER	29

INTRODUKSJON

Hastigheten i langrenn kontrolleres og forandres etter terrenget og forholdene i løypa, samt løpernes ressurser, ferdigheter og tenkemåter, som påvirker hva som er det rette giret i form av teknikk (Kvamme et al., 2005). I langrenn bytter løperne i hovedsak mellom tre teknikker som kan betraktes som et girsystem (Nilsson et al., 2004), enkeldans (brukes på flatene og ved høy hastighet), dobbeldans (brukes både på flatene, i slake og moderate motbakker med forholdsvis høy hastighet), og padling (brukes i motbakker med høy stigning og ved lavere hastighet). Skøyteteknikken er dermed ulik i koordinasjon og rytme, som gir mulighet for å velge mellom de ulike teknikkene ut i fra løypa og terrenget. Samtidig kan vi se at løperne bruker forskjellige teknikker selv under de samme forholdene. For eksempel i en moderat motbakke med 4-6 % stigning, vil noen løpere bruke padling, mens andre vil bruke dobbeldans. I denne stigningen vil begge teknikkene være effektive. Det er individuelt på hvilken stigning utøverne bytter teknikk og det vist at eliteutøvere har samme arbeidsøkonomi ved teknikkene padling og dobbeldans på rulleskimølle med 5 % stigning (Kvamme et al., 2005).

Lite eller ingen forskning har blitt gjennomført i langrenn ved bytter på økende hastighet (fra enkeldans til dobbeldans til enkeldans) og heller ikke på synkende hastighet (fra padling til dobbeldans til enkeldans). Derimot har det blitt gjennomført flere studier på overgangene hos mennesker fra gange til løp og løp til gange (Hreljac et al., 2006; Diedrich and Warren., 1995; Brisswalter & Mottet., 1996; Hreljac., 1993; Hreljac., 1995).

Et bytte fra en organisering (ordenparameter) til en annen forekommer når gangmønsteret begynner å miste stabiliteten på hastigheter som er unormale for utøverne (Bardy et al., 2002). Når et system er kontinuerlig variert og ikke klarer å holde sin stabilitet, bør et teknikkbytte oppstå. I nærheten av dette teknikkbytte blir det et tap av stabilitet, som uttrykkes som kritiske fluktuasjoner, og det blir dermed større variabilitet i systemet (Bardy et al., 2002). Dette ble også vist ved Hoyt og Taylor (1981), da de fant at gangmønsteret trigget fram et teknikkbytte når gangarten mistet sin stabilitet ved hastigheter under og over det normale overgangspunktet. Teorien som støtter dette er dynamic-pattern theory (DSA). DSA er basert på at et system forandrer seg over tid, fordi systemet søker etter stabilitet, og nye mønster oppstår for å reetablere stabilitet i systemet. Et teknikkbytte fra et ustabilisert mønster til stabilt mønster er en selvorganisert prosess (Smidt & Lee., 2005:263).

Selvorganisering er det mest fundamentale prinsippet innenfor dynamisk systemteori (DSA). Denne organiseringen skjer uten noen spesifisering utenfra og er lagret i form av motoriske programmer (Sigmundsson & Haga., 2004:33). Selvorganisering ble introdusert av fysikeren Max Planck. Herman Haken bruker Plancks tradisjon i det han kaller synergetics, og bruker begrepene kontrollparameter og ordensparameter (Nilsen, 2008). Begrepene omhandler at organisering ikke skjer spontant, men at omorganisering skjer sprangvis i mange dynamiske systemer når den eller de variablene som kontrollerer prosessen når kritiske verdier (se Hoyt og Taylor, 1981 og Kelso, 1984).

Overganger fra en ordenparameter til en annen har ofte blitt ansett som å komme fra systemet selv, og endringene mellom ordenparameter kan forstås i forhold til hva som kjennetegner stabile system (Bardy., 2004). Det har blitt foreslått at overgangen mellom to ordenparameter oppstår for å minimere de metabolske kostnadene assosiert med å kontrollere et system. Ved et teknikkbytte hos mennesker fra gange til løp viser tidligere studier at teknikkbyttene oppstår for å minimere de metabolske kostnader ved bevegelse (Mercier et al., 1994; Takahashi et al., 2001), dette gjelder også for firbente dyr (Hoyt og Taylor., 1981). Hoyt og Taylor (1981) fant ut at raten av oksygenforbruk økte kurvlineært på hastigheter økte fra skritt til trav og et bytte oppsto på hastigheter hvor kurven krysset hvor oksygenforbruket var det samme for to gangarter. Andre funn av blant annet Diedrich og Warren (1995) viste også at overgangen mellom gange og løp ikke styres utelukkende av energiforbruket, da energiforbruket var det samme uavhengig av gangart.

Når overgangen fra en stabil ordenparameter til en annen oppstår på et senere tidspunkt i en verdi på en kontrollparameter, har hysteresis oppstått. En generell definisjon på hysteresis er at et system har en form for hukommelse, slik det også beskrives i tidsserieanalyser, det vil si at systemet har en hengende effekt, når kreftene i et legeme blir endret (Turvey, 1990). Fra et biomekanisk ståsted som ved teknikkbytter hos mennesker og firbente dyr kan hysteresis defineres som den forskjellen som oppstår når teknikkbyttene oppstår på en lavere kontrollparameter på en synkende belastning, enn hva de gjør på økende belastning. Dette avslører tendensen systemet har til å bli i den nåværende tilstand så lenge som mulig før den bytter til et annet mønster, og hysteresis avslører dermed følsomheten av systemet til startbetingelsene (Kelso, 1995). Gootschall og Palmer (2002) foreslår at det er sentrale rytme-generatorer som en mulig forklaring bak en forsinket omstilling av et system. Studier av bevegelser har vist at personer som gjennomfører en rytmisk aktivitet over tid, ufrivillig vil forsette i dette bevegelsesmønsteret (Løvoll, 2009). Li (2000) konkluderer med at

hystereseeffekten er avhengig av frekvensen på akselerasjon eller i nedbremsing, og at de begrunnelsene som har blitt brukt til å støtte et teknikkbytte fra gange til løp ikke nødvendigvis er de samme som ved et bytte fra løp til gange. Ut i fra det kan man anta at de eksisterende forestillingene man har om hva som utløser et faseskifte er utilstrekkelig, eller at det er en mulighet for at gange til løp og løp til gange utløses av ulike mekanismer (Raynor et al., 2003).

Et annet perspektiv som er med på å forklare overgangen fra et system, er at et bytte oppstår på grunn av de mekaniske begrensingene. Disse begrensingene kan beskrives som begrensinger i krefter (f), og dreiemoment eller ledd (Hreljac, 1995; Minetti et al., 1994; Yang, Winter & Wells, 1990), begrensinger på den iboende frekvensen av systemet (Buchanan & Horak, 1999) eller muskel tretthet (Segers et al., 2007). Under et skirenn blir skiløperne slitne og skiløperne oppnår ulike grader av muskeltretthet. Segers et al., (2007), Minetti et al. (1994) og Bardy et. al (2002) foreslår at det er mekaniske begrensinger som fører til et teknikkbytte, og tretthet er sentralt. Segers et al. (2007) fant ut at hastigheten fra gange til løp var signifikant lavere etter tretthet, mens hastigheten fra løp til gange var uforandret før og etter tretthet. Fysisk tretthet defineres som en akutt svekkelse i prestasjonen (Enoka & Stuart, 1992), og en manglende evne til å opprettholde et nivå av styrke (De Luca, 1984). Tidligere studier har vist at tretthet reduserer gjennomføringen av de motriske handlinger, som begrenser prestasjonen (Aune et al., 2008). Yoshino et al., (2004) observerte en økning i variabilitet i rytmen, en ustabilitet i gangrytmen og at gangrytmen sank for å styrke stabiliteten ved fysisk tretthet. Lignende studier er gjort i langrenn hvor hovedfunnene omhandler økt variasjonen, ustabil og urytmisk teknikk, samt en redusert isometrisk kraft, redusert overkroppskraft og en reduksjon i styrkekapasiteten i overkroppen. Videre har fysisk tretthet i beina resultert i redusert prestasjon og redusert maksimalhastighet og dermed ble effektiviteten i hvert stavgang redusert (Zory et al., 2009; Zory et al., 2006; Cignetti et al., 2009; Vesterinen et al., 2009). Ut fra dette kan det se ut som det er de mekaniske og/ eller fysiologiske egenskapene i kroppen og/ eller miljøet som er med på å begrense hensikten av det spesielle mønsteret.

Ut i fra denne tidligere forskningen er det ønskelig å se om det oppstår hystereser på ruller, slik som Hoyt og Taylor (1981) fant i sin studie i hestenes gangart, og samtidig om tretthet vil påvirke hystereser.

Hensikten med dette studiet er å undersøke om teknikkbyttene på rulleski er preget av hysteresese, altså om teknikkbyttene oppstår på en lavere kontrollparameter på en synkende protokoll, enn hva de gjør på økende protokoll i uthvilt og sliten tilstand. I tillegg er det ønskelig å analysere om oksygenopptaket blir påvirket av økende og synkende protokoll i uthvilt og sliten tilstand.

Hypotesen i eksperimentet er at teknikkbyttene oppstår på en lavere kontrollparameter på en synkende protokoll enn hva de gjør på en økende protokoll, slik at et hystereseseområde på rulleski vil oppstå. Vi antar også at oksygenopptaket er det samme på synkende og økende protokoll i sliten og uthvilt tilstand.

METODE

Eksperimentell tilnærming til forskningsspørsmålet

Hensikten med dette studiet er å undersøke om teknikkbyttene på rulleski er preget av hysteres, altså om teknikkbyttene oppstår på en lavere kontrollparameter på en synkende protokoll, enn hva de gjør på økende protokoll i uthvilt og sliten tilstand.

I tillegg er det ønskelig å analysere om oksygenopptaket blir påvirket av økende og synkende protokoll i uthvilt og sliten tilstand. Kontrollparameter er i denne studien definert som work rate. Ordenparameter er i denne studien definert som et skifte fra én organisering til en annen, altså de tre teknikkene; enkeldans, dobbeldans og padling. Økende protokoll er i denne studien definert som når hastigheten synker og stigningen øker. Synkende protokoll er i denne studien definert som når hastigheten øker og stigningen synker.

For å få svar på spørsmålene ble det testet ni kvinnelige juniorlangrennløpere og gjennomført fire tester. Den første dagen ble det gjennomført VO_{2max} test på rulleski, dag to var hviledag. På dag tre ble det gjennomført en teknikkbyttetest på rulleskimølle i uthvilt tilstand, deretter en utmattelsestest gjennomført som løping på tredemølle, og til slutt en teknikkbyttetest på rulleskimølle i sliten tilstand (se tabell 1). Det ble brukt et eksperimentelt design hvor hastighet og stigning ble manipulert. De avhengige variablene i studien er oksygenopptak, work rate og teknikkbyttene. De uavhengige variablene er uthvilt tilstand og sliten tilstand

Tabell 1. Viser en oversikt over hvilke tester som ble brukt i studiet.

DAG 1	DAG 2	DAG 3
VO_{2maks} test på rulleskimølle	HVILE	1. Teknikkbyttetest i uthvilt tilstand på rulleskimølle 2. Utmattelsestest gjennomført som løping på tredemølle 3. Teknikkbyttetest i sliten tilstand på rulleskimølle

Deltagere

Ni kvinnelige norske juniorlangrensløpere deltok frivillig i studiet. Langrensløpernes antropometriske og fysiologiske karakteristika er vist i tabell 2.

Tabell 2. Viser alder og antropometriske og fysiologiske karakteristika for de ni kvinnelige juniorlangrennsløpere som deltok i studien (gjennomsnitt og SD).

Variabel	Gjennomsnitt	SD
Alder (år)	17,0	1,3
Høyde (cm)	166,8	6,5
Vekt (kg)	57,9	3,8
Maksimalt oksygenopptak ($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	59,4	3,4
Maksimal hjertefrekvens ($\text{slag} \cdot \text{min}^{-1}$)	193,7	18,5

Kriteriene for å delta i studien var at deltagerne måtte være kvinnelige juniorlangrennsløpere i alderen fra 16 til 21 år, og ha deltatt i norgescup og/ eller norgesmesterskapet for juniorer i samme sesong som studien foregikk. Alle deltakerne var friske og ingen hadde skader eller sykdom som kunne forverres eller påvirke resultatene i studien. Kun kvinner ble rekruttert til studien for å få en mest mulig homogen gruppe, og for at vi kunne bruke nokså like arbeidsbelastninger.

Alle deltagerne fikk både skriftlig og muntlig informasjon om testingen og de var dermed kjent med innholdet i studien før de ga samtykke om å delta. Deltagerne ble informert om hvilke ubehag testinga kunne medføre, og at de når som helst kunne trekke seg fra studien. Et tilfeldig utvalg av de som ga samtykke ble trukket ut til å være med i studien. Deltagerne fikk instruksjoner om å forberede seg til alle testene på samme måte som de forbereder seg til en konkurranse. Studien ble godkjent av Norsk samfunnsvitenskaplig datatjeneste (NSD) og ble gjennomført i tråd med Helsinkideklarasjonen.

Instrument og prosedyrer

Alle testene ble gjennomført på tredemølle. Rulleskitestene foregikk på en 6 x 3 m mølle som er brei nok til å gå på rulleski (Rodby, RL3500E, Sweden). Overflaten på beltet er laget slik at deltagerne må bytte ut stavtrinsen med stavpigge som tilpasset rulleskimøllen (Biomekanikk AS, Oslo, Norge). På denne måten kan deltagerne bruke sine egen staver. Deltagerne ble utstyrt med en sele som var festet til taket under hele testingen for å ivareta sikkerheten. For å minimalisere variasjoner i motstand på rulleskimøllen brukte alle løperne samme rulleski med standard rullemotstand (Swenor Rollerskies, Skate).



Figur 1. Rulleskimølle med deltager som ble brukt i denne studien.

Utmattelsestesten ble gjennomført som løp på tredemølle (Rodby RL2500E Sweden).

Test av maksimalt oksygenopptak

Alle deltagerne utførte en maksimal oksygenopptak test (VO_{2max}) på rulleski, i teknikken dobbeldans (Nilsson et. al 2004). Oksygenopptaket ble målt kontinuerlig av et datastyrt metabolsk system med et blandekammer (Oxycon Pro, Erich Jaeger GmbH, Hoechberg, Germany), og gjennomsnittet av de tre høyeste 10 sekunders påfølgende målinger bestemte det maksimale oksygenopptaket (Gore, 2010:122). Før testingen ble gassanalyser 2-punkts kalibrert med romluft, og en gassblanding med en kjent konsentrasjon ($16,00 \pm 0,04\%$ O_2 og $5,00 \pm 0,1\%$ CO_2 , Riessner-Gase GmbH & Co, Lichtenfels, Germany) og volumet (2L) ble kalibrert via et automatisk kalibreringssystem. Deltagerne varmet opp i ti minutter på rulleskimøllen før VO_{2max} testen startet på 5 % stigning og hastighet på 9 km/t. Hastigheten økte med 1 km/t hvert minutt i 2 minutter, deretter 1 km/t hvert minutt til utmattelse, i henhold til Sandbakk et al. (2010). Et maksimalt oksygenopptak ble ansett som å ha blitt oppnådd hvis to av de tre følgende kriteriene hadde blitt oppfylt: (1) et platå i VO_2 til tross for

økt intensitet (2) en RER-verdi $> 1,10$, og (3) en laktatverdi $> 8\text{mmol/L}$. Laktat ble målt og analysert i hvile og rett etter at testen var avsluttet (LactateScout, Leipzig, Germany) og ble tatt fra pekefingeren på venstre hånd. I tillegg ble hjerterefrekvens målt kontinuerlig med pulsklokke (Polar rs800cx). Deltagerne måtte besvare selvopplevd anstrengelse ut fra Borgskala 6-20 (6=svært lett, 20= svært anstrengende (Borg, 1979) etter endt test.

Utrekning av intensitetszone

Vi gjennomførte en $VO_{2\text{max}}$ test på rulleskimølle dag 1 for å definere intensitetssonene til deltagerne. Dette var nødvendig for å definere hvor hard startbetingelsene skulle være under teknikkbyttetesten. Kriterier for startbetingelsene i teknikkbyttetesten tilsvarte intensitetszone 2, (70 % av $VO_{2\text{max}}$, 75 % av HF_{max}) (Frøyd, 2005). Utrekning av dette ble gjennomført slik: $VO_{2\text{max}} \times 70 / 100 = 70 \% \text{ av } VO_{2\text{max}}$. $HF_{\text{max}} \times 75 / 100 = 75 \% \text{ av } HF_{\text{max}}$. Teknikken som alle deltagerne startet på var enkeldans og starthastighet og startstigning ble satt etter beregningen av intensitetszone 2. Startstigningen for alle deltagerne i forsøket var satt til 1 % eller 2 % stigning, og hastighet ble korrigert under den 10 minutter lange oppvarmingen, hvor alle deltagerne varmet opp i intensitetszone 2. Vi var også klar over at oksygenopptaket gradvis kunne stige høyere enn intensitetszone 2 utover i testforløpet.

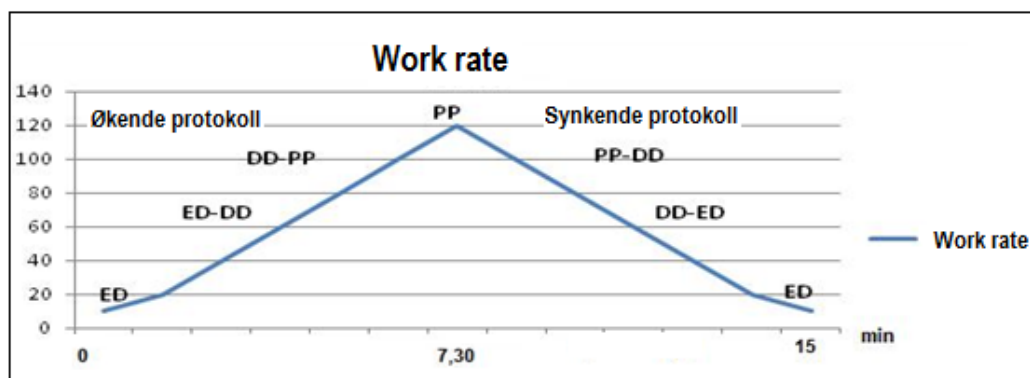
Teknikkbyttetest

Dag 3 gjennomførte forsøkspersonene en teknikkbyttetest slik at vi kunne registrere når og på hvilken hastighet og stigning (work rate) teknikkbyttene oppsto. Deltagerne varmet opp i 10 minutter i teknikken enkeldans i intensitetszone 2. Deltagerne gjennomførte en kontinuerlig test på rulleskimølle. Oksygenopptak og hjerterefrekvens ble målt kontinuerlig i de 15 minuttene testen varte. Deltagerne startet testen med en økende protokoll. Work rate var tilpasset teknikken enkeldans, og deltagerne gikk i tre minutter i teknikken enkeldans, deretter sank hastigheten med 0,4km/t og stigningen økte med 1 % hvert 20. sekund inntil et teknikkbytte til dobbeldans. Deltagerne gikk tre minutter i teknikken dobbeldans, deretter sank hastigheten med 0,4km/t og stigningen økte med 1 % hvert 20. sekund inntil et teknikkbytte til padling. Deltagerne gikk i 1 minutt og 30 sekunder, (som tilsvarer 7 minutter og 30 sekunder i totaltid for protokollen og er halvveis i teknikkbyttetesten som varer i 15 minutter) i teknikken padling, og deretter snudde protokollen. Den synkende protokollen startet dermed med at deltagerne gikk i teknikken padling i 1 min og 30 sekunder før hastigheten økte med 0,4km/t og stigningen sank med 1 % hvert 20. sekund inntil et teknikkbytte til dobbeldans. Deltagerne gikk tre minutter i teknikken dobbeldans, deretter økte

hastigheten med 0,4km/t og stigningen sank med 1 % hvert 20. sekund inntil et teknikkbytte til enkeldans (se tabell 3 og figur 2).

Tabell 3. Oversikt over tid, teknikk og protokoll som ble brukt under teknikkbyttetesten. Til høyre i tabellen er en oversikt over de tre ulike teknikkene, enkeldans, dobbeldans, og padling.

TID	TEKNIKK	PROTOKOLL	DE TRE ULIKE TEKNIKKENE
1-3min	Enkeldans	Økende protokoll	
3-6 min	Dobbedans	Økende protokoll	
6-9 min	Padling	Fram til 7 minutter og 30 sekunder brukes en økende protokoll, fra 7 minutter og 30 sekunder brukes en synkende protokoll	
9-12 min	Dobbeldans	Synkende protokoll	
12-15 min	Enkeldans	Synkende protokoll	



Figur 2. Illustrasjon av hele protokollen i teknikkbyttetesten på 15 minutter. Protokollen starter med en økende protokoll, hvor hastighet synker og stigningen øker, og deltagerne går dermed fra enkeldans til dobbeldans til padling. Etter 7 minutter og 30 sekunder brukes en synkende protokoll hvor hastighet øker og stigningen synker og deltagerne går fra padling til dobbeldans til enkeldans.

*ED = enkeldans, DD = dobbeldans, PD= padling

Definering av et teknikkbytte og hysteres

Et teknikkbytte ble definert som når deltageren skifter fra en ordenparameter til en annen, altså bytter teknikk fra enkeldans til dobbeldans og fra dobbeldans til padling og motsatt vei fra padling til dobbeldans, og fra dobbeldans til enkeldans. Det ble registrert hastighet og stiging for hvert enkelt teknikkbytte under hele testen. Hvis deltagerne byttet teknikk flere ganger enn tre ganger i den økende protokollen, og flere enn tre ganger i den synkende protokollen, ble det teknikkbytte som ble holdt stabilt det siste minuttet før et nytt teknikkbytte oppsto, registrert som gjeldene teknikkbytte. Deltagerne kunne oppnå fire

mulige hysteresefelt. Et hysteresefelt på lette belastninger (et bytte fra enkeldans til dobbeldans, og fra dobbeldans til enkeldans). Et hysteresefelt på tunge belastninger (et bytte fra dobbeldans til padling og fra padling til dobbeldans). Med ni deltagere i studien, er det mulig å oppnå 18 hysteresefelt i uthvilt tilstand og 18 hysteresefelt i sliten tilstand. Ved å se på begge belastningene uthvilt tilstand og sliten tilstand er mulig å oppnå 36 hysteresefelt.

Utrekning av work rate

Work rate ble beregnet som summen av arbeidet mot tyngdekraften (P_g) og arbeid mot friksjon (P_f). Arbeidet mot tyngdekraften ble beregnet som økningen av potensiell energi pr. tid, ($P_g = m \times g \times \sin(\alpha) \times v$) og arbeidet mot friksjon ble beregnet som arbeid mot Coulomb friksjon krefter på en gitt tangens fart ($P_f = \mu \times m \times g \times \cos(\alpha) \times v$, hvor v er farten på overflaten på tredemøllen (beltet) og (α) er vinkelen på stigningen (Sandbakk, et al., 2010). I denne studien brukte vi samme friksjonskoeffisienten (0,025) som Sandbakk et al., (2010), fordi vi benyttet samme type rulleski og hjul.

Utmattelsestest

Etter teknikkbyttetesten gjennomførte deltagerne en utmattelsestest utført som løping på tredemølle. Borgskala på papir ble hengt opp foran deltagerne, slik at de kunne rapportere selvopplevd anstrengelse. Testen startet med 5 minutter løp på 5 % stigning og 8km/t, deretter ble stigningen satt til 10 %, hastigheten økte med 1km/t hvert minutt til utmattelse. Deltagerne var utstyrt med pulsklokke, og hjertefrekvens ble målt kontinuerlig under hele testen. Kriterier for godkjent utmattelsestest var at deltagerne hadde blodlaktat over 8mmol/L (Sandbakk et al., 2010) som ble tatt fra pekefingeren i venstre hånd etter endt test med LactateScout, og besvarte over 17 på Borgskala.

Teknikkbyttetesten ble gjentatt, med samme prosedyre som nevnt over, umiddelbart etter at utmattelsestest var blitt gjennomført.

Statistiske analyser

De statistiske analysene for hysteresese målt i work rate ble utført i Microsoft Windows Excel 2007. En binomisk modell ble lagt til grunn for å regne på antallet oppståtte hysteresetilfeller sammenlignet med det totale antallet uavhengige forsøk. Sannsynligheten for hysteresese i hvert forsøk ble satt til 0,5 (50 %).

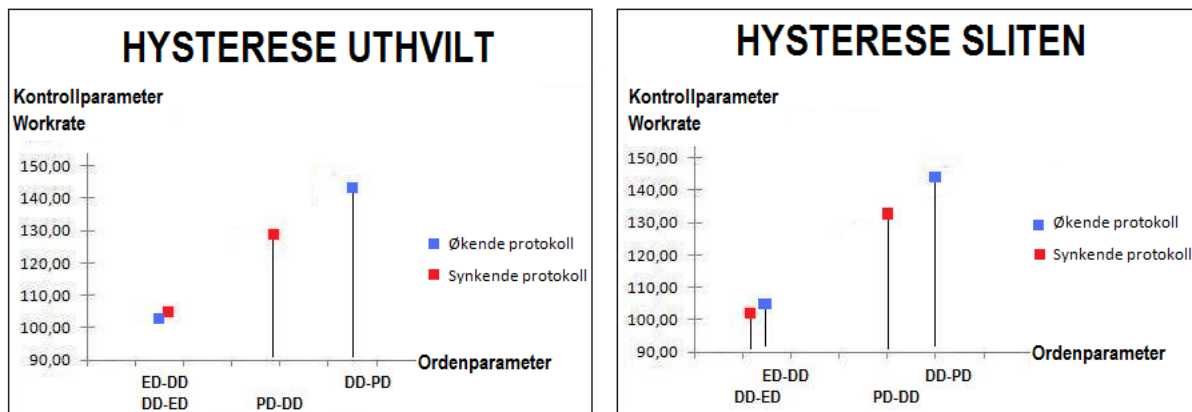
De statistiske analysene for sammenligning av gjennomsnittsverdiene i work rate i uthvilt tilstand og sliten tilstand, og for oksygenopptak ble utført i SPSS for Windows, versjon 17.0

(Statistical Package for the Social Science, Chicago, IL, USA). Dataene møtte kravet om normalfordeling (Shapiro-Wilk), $p \leq 0,05$ regnes som statistisk signifikant og det ble brukt en to-sidig parret t -test for sammenligning av gjennomsnitt. Beregning av størrelsesutvalg ble gjort på bakgrunn av en to-sidig parret t -test. Med et signifikansnivå på 0,05 og en styrke på 80 %, kunne vi oppdage en forskjell på 4 mL O₂/kgxmin med syv personer.

RESULTATER

Funn av hysteresese

Ved å slå sammen alle mulige hystereseseområder i uthvilt tilstand og i sliten tilstand er det ikke signifikante funn av hysteresese (21 av 36 tilfeller, $p = 0,20$). I tung belastning (DD-PD og PD-DD) er det signifikante funn av hysteresese (16 av 18 tilfeller, $p = 0,0006$). I den lette belastning (ED-DD og DD-ED) er det ikke signifikante funn av hysteresese (6 av 18 tilfeller, $p = 0,95$).



Figur 3. I figuren til venstre viser dropplines at hysteresese har oppstått fra dobbeldans til padling og padling til dobbeldans i uthvilt tilstand. I figuren til høyre viser dropplines at hysteresese har oppstått fra enkeldans til dobbeldans og dobbeldans til padling og padling til dobbeldans i sliten tilstand.

Ved å slå sammen alle mulige hystereseseområder i uthvilt tilstand finner vi ikke hysteresese (11 av 18 tilfeller), ($p = 0,24$). Fra DD-PD og PD-DD i uthvilt tilstand finner vi hysteresese (9 av 9 tilfeller, $p = 0,001$). Fra ED-DD og DD-ED i uthvilt tilstand finner vi ikke hysteresese (2 av 9 tilfeller, $p = 0,98$).

Under utmattelsestesten nådde alle forsøkspersonene kriteriene for tretthet, da alle hadde blodlaktat over 8mmol/Log besvarte over 17 på Borgskala.

Ved å slå sammen alle mulige hystereseseområder i sliten tilstand oppstår ikke hysteresese (11 av 18 tilfeller) ($p = 0,24$), verken fra ED-DD og DD-ED (4 av 9 tilfeller, $p = 0,74$) eller fra DD-PD og PD-DD (7 av 9 tilfeller), ($p = 0,08$). Det er ikke signifikante funn av hysteresese i sliten tilstand, men i figur 3, er det en klar trend i data at hysteresese oppstår både fra ED-DD og DD-ED og DD-PD-PD-DD.

Det er ingen signifikant forskjell mellom funn av hysteresese i uthvilt tilstand og sliten tilstand ($p = 0,95$).

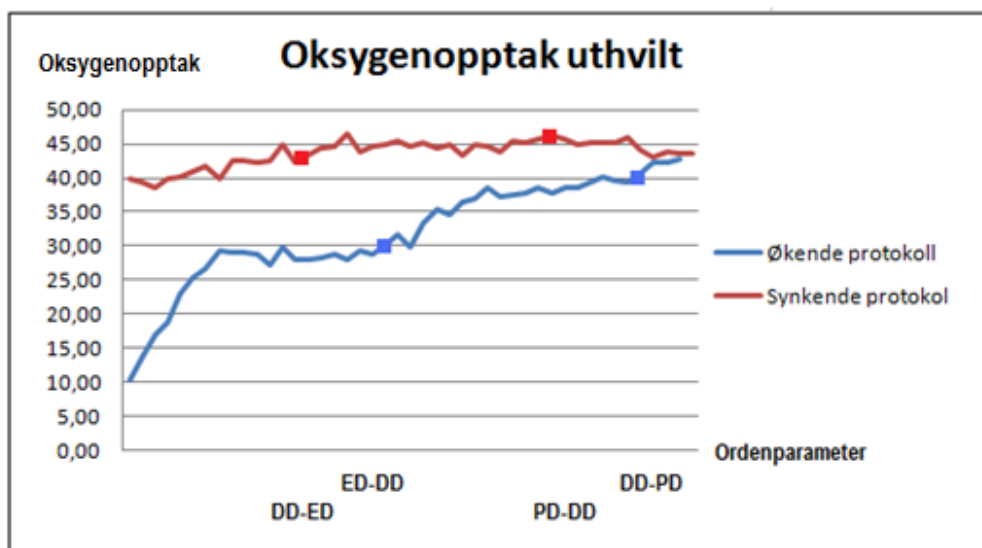
Tabell 4. Workrate for hver forsøksperson, vist i gjennomsnitt og standard avvik, ved byttet fra enkeldans til dobbeldans, dobbeldans til padling, padling til dobbeldans og dobbeldans til enkeldans i uthvilt og sliten tilstand.

	Uthvilt				Sliten			
	ED-DD Økende	DD-ED Synkende	DD-PD Økende	PD-DD Synkende	ED-DD Økende	DD-ED Synkende	DD-PD Økende	PD-DD Synkende
FP 1	120,16	149,14	128,25	128,25	128,25	143,73	144,83	128,25
FP 2	74,42	100,2	84,18	74,42	74,42	92,78	84,18	74,42
FP 3	101	143,19	137,23	104,96	101	146,68	150,17	58,99
FP 4	84,34	106,66	100,39	84,34	74,56	100,39	92,95	84,34
FP 5	155,26	192,57	179,81	155,26	164,76	192,57	172,94	155,26
FP 6	77,95	162,4	147,8	86,12	70,15	171,24	134,37	86,12
FP 7	105,9	156,44	132,45	102,25	125,12	156,44	138,09	107,73
FP 8	109,26	145,77	138,64	118,5	126,47	147,45	145,77	102,94
FP 9	113,65	130,96	120,74	105,23	95,48	134,09	126,52	133,13
Mean	104,66	143,04	129,94	106,59	106,69	142,82	132,2	103,46
SD	24,9	28,19	27,37	24,88	31,89	31,4	27,94	30,99

ED = Enkeldans, DD = Dobbeldans, PD = Padling

Oksygenopptak ved teknikkbyttene

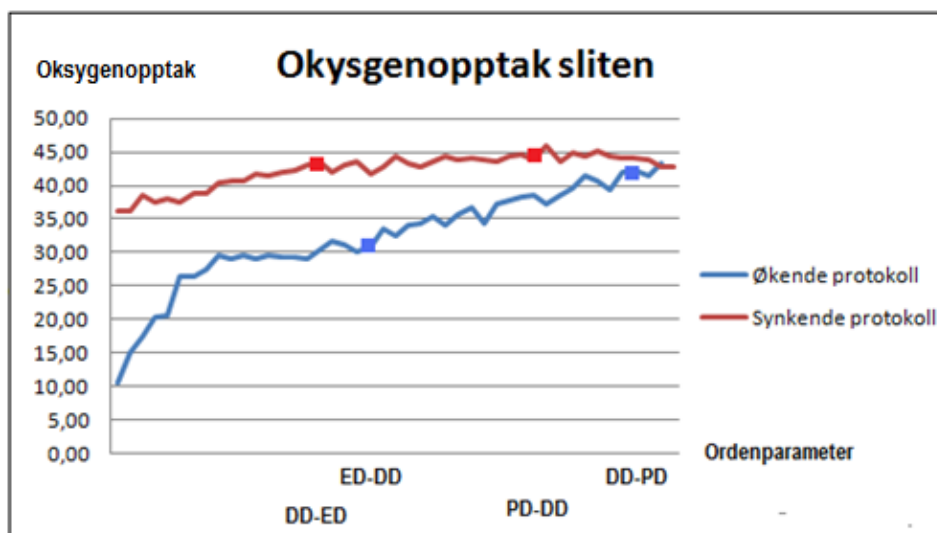
I uthvilt tilstand oppstår teknikkbyttene på rulleski på et signifikant lavere oksygenopptak i den økende protokollen sammenlignet med den synkende protokollen ($p = 0,001$). Fra ED-DD og DD-ED er oksygenopptaket på den økende protokollen signifikant lavere sammenlignet med den synkende protokollen ($p = 0,003$). Fra DD-PD og PD-DD er det ingen signifikant forskjell i oksygenopptaket mellom den økende og den synkende protokollen ($p = 0,15$).



Figur 4. Gjennomsnittlig oksygenopptak for alle deltagerne i uthvilt tilstand . Den blå grafen indikerer den økende protokollen (enkeldans – dobbeldans – padling) og viser et lavere oksygenopptak sammenlignet med den røde grafen som indikerer den synkende protokollen (padling – dobbeldans – enkeldans). De blå og røde firkantene illustrer hvor deltagerne byttet teknikk.

I sliten tilstand oppstår teknikkbyttene på rulleski på et signifikant lavere oksygenopptak i den økende protokollen sammenlignet med den synkende protokollen ($p = 0,002$).

Fra ED-DD og DD-ED er oksygenopptaket på den synkende protokollen signifikant høyere sammenlignet med oksygenopptaket på den økende protokollen ($p=0,003$). Fra DD-PD og PD-DD er det ingen signifikant forskjell i oksygenopptaket mellom den økende protokollen og den synkende protokollen ($p = 0,15$).



Figur 5. Gjennomsnittlig oksygenopptak for alle deltagerne i sliten tilstand. Den blå grafen indikerer den økende protokollen (enkeldans – dobbeldans – padling) og viser et lavere oksygenopptak sammenlignet med den røde grafen som indikerer den synkende protokollen (padling – dobbeldans – enkeldans). De blå og røde firkantene illustrer hvor deltagerne byttet teknikk.

Det er ingen signifikant forskjell i oksygenopptaket mellom uthvilt og sliten tilstand verken på den økende protokollen ($p = 0,96$) eller på den synkende protokollen ($p = 0,64$), (se tabell 5).

Tabell 5. Oksygenopptak for hver enkelt forsøksperson ved bytte i uthvilt og sliten tilstand

	Uthvilt				Sliten			
	ED-DD	DD-ED	DD-PD	PD-DD	ED-DD	DD-ED	DD-PD	PD-DD
	Økende hastighet	Synkende hastighet	Økende hastighet	Synkende Hastighet	Økende hastighet	Synkende hastighet	Økende Hastighet	Synkende hastighet
FP 1	35,10*	43,40*	50,6	50,3	42,90*	51,20*	51,5	52,5
FP 2	25,40*	31,70*	31,6	39,6	24,80*	30,60*	34,5	32,9
FP 3	38,30*	47,70*	45,4	47	36,10*	47,00*	47	52,7
FP 4	30,20*	36,70*	41	41,3	37,80*	40,00*	37,1	43,5
FP 5	41,30*	53,70*	52,4	54,9	42,50*	54,60*	54	57,6
FP 6	27,10*	44,40*	42,6	46	28,00*	34,40*	46	46,6
FP 7	33,80*	39,30*	34,6	41,3	38,10*	37,00*	48,1	45
FP 8	36,60*	51,80*	46,4	52,3	28,10*	41,30*	44,8	46,3
FP 9	32,70*	42,10*	39,1	40,8	37,60*	40,90*	41,5	42,1
Mean	33,39*	43,42*	42,63	45,94	35,10*	41,89*	44,94	46,58
SD	5,17	7,04	6,91	5,6	6,56	7,8	6,35	7,19

ED = Enkeldans, DD = Dobbeldans, PD = Padling

*= signifikante forskjeller i oksygenopptaket ved byttene fra enkeldans til dobbeldans og fra dobbeldans til enkeldans i uthvilt tilstand og sliten tilstand.

DISKUSJON

Hensikten med dette studiet var å undersøke om teknikkbyttene på rulleski er preget av hysteresese, altså om teknikkbyttene oppstår på en lavere kontrollparameter på en synkende protokoll, enn hva de gjør på økende protokoll i uthvilt og sliten tilstand. I tillegg ønsket vi å analysere om oksygenopptaket ble påvirket av økende og synkende protokoll i uthvilt og sliten tilstand. Hovedfunnene i denne studien viser 1) deltagerne bytter teknikk på en signifikant lavere kontrollparameter ved synkende protokoll, sammenlignet med hva de gjør på økende protokoll fra DD-PD og PD-DD ($p = 0,0006$) uavhengig av uthvilt og sliten tilstand, og vi finner dermed hysteresese på rulleski fra DD-PD og PD-DD. Vi finner ikke hysteresese fra ED-DD og DD-ED ($p = 0,08$) uavhengig av uthvilt og sliten tilstand 2) det er ingen forskjell mellom funn av hysteresese i uthvilt tilstand og sliten tilstand ($p = 0,95$) 3) teknikkbyttene i langrenn oppstår på et signifikant lavere oksygenopptak på den økende protokoll sammenlignet med den synkende protokollen i både uthvilt ($p=0,001$), og sliten tilstand ($p = 0,002$).

Funn av hysteresese

Funnene av hysteresese fra DD-PD og PD-DD stemmer med hypotesene vi hadde om hysteresese på forhånd. I denne studien bytter deltagerne teknikk på en signifikant lavere kontrollparameter ved synkende protokoll, sammenlignet med hva de gjør på økende protokoll fra DD-PD og PD-DD ($p = 0,0006$) uavhengig av uthvilt og sliten tilstand. Resultatene er i overensstemmelse med Hoyt og Taylor (1981) hvor de fant hysteresese hos hester.

Grunnen til at hysteresese oppstår fra DD-PD og PD-DD i uthvilt tilstand og at vi ser en klar trend i data i figur 3 i sliten tilstand, kan være på grunn av at padleteknikken er tyngre (Nilsson et al., 2004), og at deltagerne arbeider på en høyere work rate. Ved å se nærmere på skøyteteknikken i langrenn er det rytmiske forskjeller mellom enkeldans, dobbeldans og padling (Nilsson, et al., 2004). Padleteknikken i langrenn begynner med et stavtak på hengsiden for hvert andre stavtak. I løpet av stavtaket på frisisiden blir armene svingt frem. Stavissetet er tilnærmet samtidig med fotisset av den foten som utfører frasparket samtidig med det doble stavtaket. Dobbeldansteknikken har ett dobbelt tidssynkront stavtak som blir utført per fraspark. Det samme bevegelsesmønsteret gjentas på begge sider, og armene jobber langs frasparketsiden samtidig som frasparket gjennomføres og stavissetet kommer i glidfasen. Armene pendler fram samtidig som utøveren står og glir på skien. Enkeldans foregår ved at

ett dobbelt stavtak blir tatt for hvert andre fraspark på hengsiden (Toftegaard, 2010). Den største forskjellen mellom teknikkene ED og DD og PD, er rytme forskjellen, og kan dermed være med på å forklare hysteresområdet vi fant fra DD-PD og PD-DD. Sammenlignet med teknikkbytte fra ED-DD og DD-ED, kan det se ut som teknikkbyttet fra DD-PD og PD-DD er et mer dramatisk bytte, med store forskjeller i rytme og bevegelse. Samtidig er det vist at eliteutøvere har samme arbeidsøkonomi ved teknikkene padling og dobbeldans på rullskimølle med 5 % stigning (Kvamme et al., 2005). Gootschall og Palmer (2002) foreslår at det er nevrologiske faktorer som er med på å bestemme en overgang fra en organisering til et annet, og foreslår sentrale rytmegeneratorer som en mulig forklaring bak en forsinket omstilling av organisering. Studier av bevegelser har vist at personer som gjennomfører en rytmisk aktivitet over tid, ufrivillig vil forstsette i dette bevegelsesmønsteret (Løvoll, 2009).

Fra et langrennsperspektiv kan dette forklares ut i fra at utøverne bruker ulike teknikker under de samme forholdene (Kvamme et al., 2005). Det har blitt foreslått at funnene av hysteres i en kontinuerlig protokoll kan relateres til deltagerens reaksjonstid. Når deltagerne får et signal fra proprioseptorene om at et teknikkbytte er ønskelig, vil det være en forsinket tidsperiode før teknikkbytte faktisk vil bli påvirket av signalene som ble sendt (Hreljac et al., 2006). Daniels & Newell., (2002) fant ut at teknikkbytter forsinkes av psykologiske faktorer, eksempelvis når utøverne blir distraheret ved å tenke på andre ting. I konkurranser hvor utøverne blir utsatt for støy fra publikum, eller forstyrrelser fra andre eller omverdenen, kan det også være med på å forsinke teknikkbytter, og det er stor sannsynlighet for at dette gjelder alle idretter. I langrenn kan også andre konkurrenter være med å forstyrre teknikkbyttene. Dette kan det tyde på at hysteresområdet i denne studien kunne ha vært større og/eller mindre ut i fra Kvamme et al., (2005), Hreljac et al., (2006), og Daniels & Newell., (2002).

Hysteres i uthvilt og sliten tilstand

Grunnen til at hysteres ikke ble funnet fra ED-DD og DD-ED i uthvilt tilstand kan være at startbetingelsene er for lav, da det er vist at hysteresområdet avhenger av følsomheten av systemet til startbetingelsene (Kelso., 1995). I denne studien vil ett sent første bytte gi deltagerne en større work rate, sammenlignet med om det første byttet på økende protokollen hadde kommet sent. Det at hysteres ikke oppstår fra ED-DD og DD-ED i uthvilt tilstand, og bare oppstår som en trend i sliten tilstand, stemmer dermed ikke med antakelse om at et system har en tendens til å bli i den nåværende ordenparameter så lenge som mulig, før systemet bytter til en annen ordenparameter (Gootschall og Palmer., 2002).

Turvey, (1999) fant i sine studier fra gange til løp og fra løp til gange at akselerasjon er en viktig komponent ved sammenligning av hysteresgeområder mellom studier. Akselerasjon, som er et eksempel på oppgavebegrensning, påvirker startfasen fra gange til løp og løp til gange og kan forklare forskjellene i observert hysteres diskutert i Turvey, (1999). Siden mange av eksperimentene i litteraturen har blitt gjennomført med forskjellige apparat og måleutstyr og forskjellig grad av akselerasjon, samt ulik protokoll, mener Turvey, (1999) at forskjellige trender av hysteres både kan og bør oppstå. På en annen side konkluderte Hreljac et al., (2006) at trenden av hysteres er upåvirket av hvilken protokoll studiene bruker, da han sammenlignet en trappetrinnsprotokoll og en kontinuerligprotokoll og fant ingen forskjell.

Selv om vi ikke fant et signifikant funn av hysteres fra ED-DD og DD-ED verken i uthvilt eller sliten tilstand ($p = 0,95$), ser vi likevel en tendens, (se figur 3) til at det finnes i ED-DD og DD-ED i sliten tilstand. Vi fant ikke signifikante funn av hysteres fra DD-PD og PD-DD i sliten tilstand, men vi ser en tendens også her (se figur 3). Grunnen til disse resultatene kan være fordi intensiteten under teknikkbyttetesten i denne studien var tilnærmet intensitetssone 2 (65-80 % av VO_{2max}), som tilsvarer treningsformen langtur i utholdenhetsidretter. Med en høyere work rate på hele protokollen i teknikkbyttetesten, hadde work rate samsvart med et skirenn (intensitetssone 3 (80-87 % av VO_{2max}) eller 4 (87-94 % av VO_{2max}). Forskjellen mellom uthvilt tilstand og sliten tilstand er dermed ikke så stor som først antatt. Vi kan anta at forskjellen mellom uthvilt tilstand og sliten tilstand ville vært større om vi hadde gjennomført utmattelsestesten med lengre og eller hardere utmattelsestest, eller på rulleski i stedet for løping. I utmattelsestesten måles tretthet i laktat, og med våre antakelser om at startintensiteten er for lav, elimineres laktat raskt når teknikkbyttetesten starter.

En annen faktor som kan være med på å forklare at hysteres oppstår i mindre grad på ED-DD og DD-ED i både uthvilt og sliten tilstand, kan være på grunn av at det er andre krefter som involveres ved et teknikkbytte i en økende protokoll sammenlignet med en synkende protokoll. Dette blir også antydnet av Li (2000) da han konkluderte med at hystereseffekten er avhengig av frekvensen på akselerasjon eller nedbremsingen, og at de begrunnelsene som har blitt brukt til å støtte et skifte fra gange til løp ikke nødvendigvis er de samme som ved et skifte fra løp til gange. Raynor et al., (2003) foreslår også at et faseskifte fra gange til løp og løp til gange utløses av ulike mekanismer som begrensingene i krefter (f), og dreiemoment eller ledd (Hreljac., 1995, Minetti et al., 1994, Yang, Winter & Wells., 1990).

Oksygenopptak ved teknikkbyttene

Hypotesen vi hadde i forkant av studien, hvor vi antok at oksygenopptak er den samme på synkende og økende protokoll, og at det vil være høyere i sliten tilstand, stemmer ikke med funnene i studien. Deltagerne bytter teknikk på et signifikant lavere oksygenopptak på økende verdier sammenlignet med synkende verdier i både uthvilt ($p = 0,001$), og sliten tilstand ($p = 0,002$). Sammenligner vi oksygenopptaket med de funnene vi fant når vi målte hysteresese i work ratet, ser vi at deltagerne bytter teknikk på en lavere kontrollparameter på den synkende protokollen enn hva de gjør på den økende protokollen og et hystereseseområde oppsto også her. Ved å sammenligne oksygenopptaket med work rate, ser vi at utøverne bytter teknikk på en lavere work rate på den synkende protokollen, men likevel har de et høyere oksygenopptak på den synkende protokollen. Det økende oksygenopptaket på den økende protokollen kan naturlig forklares ettersom deltagerne arbeider på en høyere work rate, da oksygenopptaket øker lineært med arbeid (Åstrand & Rodal., 2003:240).

Grunnen til at deltagerne har et høyere oksygenopptak på den synkende protokollen kan være på grunn av at hystereseeffekten er avhengig av frekvensen på akselerasjon eller nedbremsingen, og at de begrunnelsene som har blitt brukt til å støtte et skifte fra gange til løp, ikke nødvendigvis er de samme som ved et skifte fra løp til gange, slik Li (2000) antydte. På bakgrunnen av dette kan det antas at et skifte på den synkende protokollen er tyngre, sammenlignet med en akselerasjon i den økende protokollen. Tidligere studier viser at et av perspektivene som kan forklare overgangen mellom ordenparameter er at overgangene oppstår for å minimere de metabolske kostnadene assosiert med å kontrollere et system (Mercier et al. 1994; Takahashi et al. 2001; Hoyt og Taylor, 1981).

Fra et arbeidsøkonomisk perspektiv vil en lite effektiv teknikk være triggeren til et teknikkbytte, da nye mønster oppstår for å reetablere stabilitet i mønsteret (Hoyt og Taylor, 1981; Kelso, 1995). I denne studien holder deltagerne teknikken lengre på den synkende protokollen og et hystereseseområde oppstår. I tillegg så ser vi at oksygenopptaket er signifikant høyere i den synkende protokollen. Grunnen til det kan være at deltagerne er slitne, og dermed er oksygenopptaket høyere. Videre har Kelso (1995) vist at når mennesker er slitne så holder de teknikken lengre. Dermed kan vi anta at et teknikkbytte for deltagerne oppleves (subjektivt) som tyngre enn det å forsette i det samme bevegelsesmønsteret. Dette støttes av studier som har vist at den foretrukne overgangshastigheten ikke er den mest energioptimale hastigheten å bytte fra gange til løp på, da mennesker konsekvent velger å bytte til løp på en

lavere hastighet enn det som vil være det som er mest arbeidsøkonomisk (Brisswalter & Mottet, 1996; Hreljac, 1993). Diedrich og Warren (1995) viste også at overgangen mellom gange og løp ikke styres utelukkende av energiforbruket.

Et annet perspektiv som kan forklare et høyere oksygenopptak fra DD-PD og PD-DD er tretthet. Fra et fysiologisk perspektiv kan vi se at deltagerne i denne studien opplever at det er tyngre å bremse systemet (gjennomføre et teknikkbytte på synkende verdier er tyngre enn akselerasjon). Segers et. al (2007), Minitti et al., (1994) og Bardy et al., 2002 foreslår at det er mekaniske begrensinger som fører til et teknikkbytte, og tretthet er sentralt. Når fysisk tretthet oppstår forekommer begrensninger i arbeidskraft og fysisk aktivitet og andre muskler tar overtar funksjonen til musklene som til vanlig brukes i den respektive oppgaven (Bonnard, Sirin, Odsson & Thortensson, 1994). I denne studien ble deltagerne trøttet ut ved å løpe på en tredemølle og alle innfridde kriteriet for tretthet (blodlaktat over 8mmol). Tidligere studier har vist at tretthet reduserer gjennomføringen av de motriske handlinger, som begrenser prestasjonen (Aune et al., 2008). Utøverne kan også ha en manglende evne til å opprettholde et nivå av styrke (De Luca, 1984) og/ eller en midlertidig reduksjon av arbeidskapasitet når de er slitne. Likevel ser vi ikke noen signifikant forskjell i oksygenopptak i uthvilt ($p = 0,96$) og sliten tilstand ($p = 0,64$). Grunnen kan være at intensiteten i teknikkbyttetesten er for lav og dermed får deltagerne raskt eliminert laktatverdiene som de hadde etter utmattelsestesten (Åstrand & Rodal, 2003:255).

Fra et motorisk perspektiv konkluderte Hreljac et al., (2006) med at trenden av hysteresis var upåvirket av hvilken protokoll som ble brukt i studien, når han sammenlignet en trappetrinnsprotokoll og en kontinuerligprotokoll. I denne studien brukte vi en trinnsvisprotokoll, og den ble valgt foran en kontinuerlig protokoll, da vi ville at deltagerne skulle stabilisere oksygenopptaket før et nytt teknikkbytte (Basset & Howley, 2000). Hastighet og stiging ble manipulert hvert 20. sekund, hvert tredje minutt helt til et teknikkbytte oppsto. Det betyr at teknikkbyttene kan oppstå sent eller tidlig innenfor rammen på tre minutter, og dermed kan vi anta at tiden deltagerne befinner seg i en teknikk er for kort.

Antakelser om hvordan resultatene hadde sett ut om deltagerne hadde oppholdt seg lengre i hver teknikk før et bytte, kan det ikke konkluderes med i studiet, men fra et fysiologisk perspektiv kan vi anta at oksygenopptaket har fått en carry over-effekt og dermed er oksygenopptaket forsinket i forhold til teknikkbyttene. Deltagerne kan ta med seg et høyere

oksygenopptak fra DD-PD og PD-DD og slik vi så tidligere i diskusjonen er det tyngre å gå padling (og i motbakke) enn enkeldans og dobbeldans, og dermed tar det lengre tid før oksygenopptaket stabiliserer seg på et lavere nivå. At deltagerne har oksyngjeld kan også være en årsak til det noe høyere oksygenopptaket på den synkende protokollen, men oksygenopptaket og arbeidet under teknikkbyttetesten tilsvarer intensitetssone 2, (70 % av VO_{2max}) og høyst sannsynlig noe høyere ved DD-PD og PD-DD, men likevel ville det ikke ha oppstått oksyngjeld. Det lave oksygenopptaket i starten av teknikkbyttetesten er mest sannsynlig på grunn av at oksygenopptaket bruker 3 til 4 minutter på tilpasning og stabilisering (Åstrand & Rodal, 2003:240).

En annen faktor som kan være med å forklare det høye oksygenopptaket på den synkende protokollen kan være termoregulering. Vi ser at deltagerne jobber på samme work rate, men likevel ser vi et høyere oksygenopptak på den synkende protokollen. Grunnen til dette kan være fordi kroppens termoregulering under jevn arbeidsbelastning påvirkes av en økning i den relative arbeidskapasiteten som er forårsaket av nedsatt blodtilførsel til muskelen, eller et lavt oksygenopptak i blodet. Kroppens termoregulering øker når raten av arbeidsbelastning øker, og selv om de arbeider på samme work rate, så er den totale arbeidsbelastningen (tiden) større på den synkende protokollen og dermed bruker kroppen mer energi på termoregulering (Kacin et al., 2008).

Begrensinger

På grunnlag av erfaringene i denne studien ser en både muligheter til metodiske forbedringer, og andre tilnærminger til å finne svar på hysteresefenomenet på rulleski. Deltagerne som ble forespurt om å delta i studien holder et høyt nasjonalt juniornivå i langrenn. På en annen side hadde det også vært relevant for studien å bruke deltagerne fra et høyt seniornivå. Samtidig kunne deltagere fra begge kjønn, samt flere deltagere styrket studien. Som det også ble diskutert, kunne en høyere work rate på hele protokollen, gitt andre resultater. Dette gjelder også hvis utmattelsestesten hadde blitt gjennomført i andre former med lengre varigheten. En annen begrensing er carry over-effekten som muligens forekommer i oksygenopptaket.

KONKLUSJON

Teknikkbyttene på rulleski oppstår på en lavere kontrollparameter på den synkende protokollen, sammenlignet med hva de gjør på den økende protokollen fra dobbeldans til padling og padling til dobbeldans, og hysteresse oppstår hos kvinnelige junior langrennsløpere uavhengig av uthvilt og sliten tilstand. Det er ingen forskjell mellom funn av hysteresse i uthvilt tilstand og sliten tilstand og teknikkbbyttene i langrenn oppstår på et lavere oksygenopptak på den økende protokollen sammenlignet med den synkende protokollen i både uthvilt og sliten tilstand.

Praktiske konsekvenser av studien

For videre undersøkelser av fenomenet hysteresse vil det være interessant å utvikle en teknikkbbyttetest som starter med synkende protokoll, (fra padling til dobbeldans til enkeldans) og deretter den økende (enkeldans, dobbeldans og padling), for å sammenligne hysteresse ut fra to protokoller med ulike startbetingelser. Det erkjennes at det er forskjell mellom rulleski på mølle og langrennsski på snø. Flere studier hvor det har blitt gjennomført fysiologiske sammenligninger av rulleskiteknikk, er lik studiene som har blitt gjennomført på langrennsski (Hoffmann, 1992; Hoffmann & Clifford, 1992). Videre studier av hysteresse i langrenn bør likevel benytte seg av en protokoll på snø.

ETTERORD

Jeg vil rette en stor takk til mine veiledere førsteamanuensis Boye Welde, doktorgradsstipendiat Tore Kristian Aune, og professor Rolf P. Ingvaldsen for god veiledning. Jeg vil også takke deltagerne som var med i studien, og høgskolelektor Per-Øyvind Torvik for god hjelp i forbindelse med innsamling av data.

REFERANSER

- Aune, T. K., Ingvaldsen R. P, Ettema G. J, C. (2008). Effect of physical fatigue on motor control at different skill levels. *Perceptual and motor skills*, 2008, 106, 371-386
- Bardy, B.G. (2004). Postural coordination dynamics in standing humans. In V.K. Jirsa and J.A.S Kelso, *Coordination dynamics: issues and trends, Vol.1 Applied Complex Systems* (pp. 103-121). *New York: Springer Verlag*.
- Basset, D. R & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 32: 70-84, 2000.
- Borg, G. (1970). Perceived Exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian journal of Rehabilitation Medicine*, 2 (2), p. 92-98.
- Brisswalter, J., & Mottet, D. (1996). Energy cost and stride duration variability at preferred transition gait speed between walking and running. *Canadian Journal of Applied Physiology* 21, 471-480.
- Buchanan, J. J, & Horak, F. B. (1999) Emergence and postural pattern as a function of vision and translation frequency. *Journal of Neurophysiology*, 81, 2325-2339.
- Cignetti, F., Schena F., & Rouard, A. (2009). Effects of fatigue on inter-cycle variability in cross-country skiing. *Journal of Biomechanics, Volume 42, issue 10, 22 July 2009, 1452-1459*
- Daniels, G. L., & Newell, K. M. (2002). Attentional focus influences the walk-run transition in human locomotion. *Biological Psychology* 63 (2003) 163-178
- De luca, C. J. (1984). Myoelectrical manifestations of localized muscular fatigue in humans. *Crit. Rev. Biomed. Eng.* 11:251-279
- Diedrich, F. J., & Warren, W., H. jr. (1995). Why change gaits? Dynamics of the Walk run Transition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, Vol. 21, No.1* 183-202
- Enoka, R. M., and D. G. Stuart (1992). Neurobiology of muscle fatigue. *J. Appl. Physiol.* 72:1631-1648.
- Frøyd, C., Madsen, Ø., Sæterdal, R., Tønnesen, E., Wisnes, A. R., & Aasen, S. B. (2005). *Utholdenhet - trening som gir resultater*. Oslo: Akilles.
- Getchell, N. & Whittall, J. (2004). Transitions to and from asymmetrical gait patterns. *J. Mot. Behav.* 36, 13-27.
- Gore, C. J. (2000). *Physiological tests for elite athletes*. Leeds: Human Kinetics
- Gottschall, J. S. & Palmer, B.M.(2002). The effects of prior cycling cadence on running performance and kinematics. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 34:1518-1522

- Hoffmann M. D, Clifford, P.S. (1992). Physiological aspects of competitive cross-country skiing. *Journal of sports Sciences*, 10, 3-27.
- Hoffmann, M.D. (1992). Physiological comparisons of cross-country skiing techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 1023-1032
- Horak F. B., & Nashner L. M., (1986). Central programming of postural movements: Adaptation to altered support-surface configurations. *J Neurophysiol* 55: 1369-1381.
- Hoyt, D.F. & Taylor C.R., (1981). Gait and the energetics of locomotion, *Nature*, 292, 239-240
- Hreljac, A. (1993). Determinants of the gait transition speed during human locomotion: kinetic factors. *Gait Posture* 1, 217-223.
- Hreljac, A. (1995). Determinants of the gait transition speed during human locomotion: kinematic factors. *J. Biomech.* 28, 669-677.
- Hreljac, A., Imamura, R. T., Escamilla, R. F., & Edwards, W. B. (2006). When does a gait transition occur during human locomotion? *Journal of Sports Science and Medicine* 6, 36-43
- Kacin, A., Golja, P., Tipton, M. J, Eiken, O., & Mekjavic I. B. (2008). The influence of fatigue-induced increase in relative work rate on temperature regulation during exercise. *Eur J Appl Physiol*, 103:71–77
- Kelso, J A S (1995) *Dynamic pattern: the self-organization of brain and behavior*. MIT Press, Cambridge
- Kelso, J. A. S. (1984). Phase transitions and critical behavior in human bimanual coordination. *AM J Physio* 15: 1000-1004
- Kvamme, B., Jacobsen, V., Hetland, S., Smith G. (2004). Ski skateing technique and physiological responses across slopes and speeds. *Eur J Appl Physiol* 95; 205-212
- Li, L. (2000). Stability landscapes of walking and running near gait transitions speed. *Journal of applied biomechanics*, 16, 428-435
- Løvoll, S (2009). Effekt av rekkjefølgja på sykling og løping med lik intensitet og varighet på kardiovaskulære variabler. Masteroppgåve i bevegelsesvitenskap ved NTNU, Trondheim, juni 2009
- Mercier, J., Le Gallais, D., Durand, M., Goudal, C. J., Micallef, J. P., & Préfaut, C. (1994). Energy expenditure and cardiorespiratory responses at the transition between walking and running. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, Volume 69, Number 6, 525-529.
- Minetti, A. E., Ardigò, L. P, & Saibene, F. (1994). The transition between walking and running in humans: metabolic and mechanical aspects at different gradients. *Acta. Physiol. Scand.* 150: 315-323

Nilsen, A. K. (2008). Metodologien til dynamisk systemteori som forståelsesramme i analyse av mottak og pasning i fotball; Hva skjer når en får fire valg i ordensparameter med deltakere representert fra begge sider av ferdighetsskalaen? *Masteroppgave i kroppsøving ved Høgskolen i Nord Trøndelag, juni 2008*

Nilsson J., Tveit, P., & Eikrehagen, O. (2004). Effects of speed on temporal pattern in classical style and fresstyle cross-country skiing

Raynor, A. J., Yi, C. J., Abernethy, B., Jong, Q. J. (2003). Are transitions in human gait determined by mechanical, kinetic or energetic factors? *Human Movement Science Volume 21, Issues 5–6, 785–805*

Sandbakk, Ø., Holmberg, H-C., Leirdal, S., & Ettema, G. (2010). Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world class and national sprint skiers. *Eur J Appl Physiol*

Schmidt, R.A., & Lee, T.D. (2005). *Motor control and learning - A behavioral Emphasis*, Fourth Edition Human Kinetics

Segers V., Lenoir, M., Aerts P., De Clercq, D., (2007) Influence of M. tibialis anterior fatigue on the walk-to-run and run-to-walk transition in non-steady state locomotion. *Gait & Posture Volume 25, Issue 4, 639–647*

Sigmundsson, H. & Haga, M. (2004). *Motorikk og samfunn*, Sebu forlag

Takahashi, T., Okada, A., Tamura, T., Miyamoto, Y. (2001). Cardiorespiratory responses to walking and running at an incremental speed of treadmill. *Department of Biomedical Engineering, Faculty of engineering, Yamagata University, Johnan 4-3-16, Yonzeezawa 992-8510, Japan*

Toftegaard, Ø. A. (2011). Langrenn - modifisering av fristil teknikk under konkurranse. En kinematisk sammenligning av fristil teknikkene V1 og V2 ved selvstendig teknikkvalg i motbakke. *Masteroppgave i idrettsvitenskap ved Norges idrettshøgskole, juni 2011*

Turvey, M. T. (1990). Coordination. *American Psychologist, 45, 938-953*

Turvey, M., Holt, K., LaFiandra, M., & Fonseca, S (1999). Can the transitions to and from running and the metabolic cost of running be determined from the kinetic energy of running? *Journal of Motor Behavior, 31, 265-278*

Vesterinen, V., Mikkola, J., Nummela, A., Hynynen, E., & Häkkinen, K., (2009) Fatigue in a simulated cross-country skiing sprint competition. *Journal of sports sciences, 27(10): 1069-1077*

Yang, J. F, Winter, D. A., & Wells, R. P., (1990). Postural dynamics in the standing human. *Biological Cybernetics, 62:309-320.*

Yoshino, K., Motoshige, T., Araki, T., Matsuoka, K. (2004). Effect of prolonged free-walking fatigue on gait and physiological rhythm. *Journal of biomechanics* 37:1271-1280.

Zory, R., Millet, G., Schena, F., Bortolan, L., Rouard, A.(2006). Fatigue induced by a cross-country skiing KO sprint. *Medicine & science in sport & exercise by the American Collage of sports medicine*

Zory, R., Vuillerme, N., Pellegrini, B., Schena, F., Rouard, A., (2009). Effect of fatigue on double pole kinematics in sprint cross-contry skiing. *Human Movement Science* 28:85-98.

Åstrand, P. O., Rodahl, K., Dahl, H. A, & Strømme, S. (2003). *Textbook of work physiology; Physiological Bases of Exercise, 4th ed.* Human Kinetic