

KIF350 1 Bacheloroppgave

Kandidat 37

Oppgaver	Oppgavetype	Vurdering	Status
i Informasjon	Dokument	Automatisk poengsum	Leveret
1 Opplasting av bacheloroppgave	Filoplasting	Manuell poengsum	Leveret
2 Opplasting av samtykkeskjema	Filoplasting	Manuell poengsum	Leveret

KIF350 1 Bacheloroppgave

Emnekode	KIF350	PDF opprettet	01.09.2016 13:15
Vurderingsform	KIF350	Opprettet av	Hilde Lyster
Starttidspunkt:	11.05.2016 08:45	Antall sider	31
Sluttidspunkt:	26.05.2016 13:45	Oppgaver inkludert	Ja
Sensurfrist	Ikke satt	Skriv ut automatisk rettede	Ja

Seksjon 1



Informasjon

Eksamensinformasjon:

[Eksamensinformasjon for innlevering](#)

Forside:

[Framsidedmal Bachelor-mal med Nord logo](#)

Samtykkeskjema:

[Samtykke til Nord universitets' bruk av prosjekt, kandidat bachelor og masteroppgaver](#)

Opplasting av bacheloroppgave

Opplasting bacheloroppgave

Last opp pdf.-filen her. Maks én fil.

BESVARELSE

Filopplasting

Filnavn	5226410_cand-5403393_5224938
Filtype	pdf
Filstørrelse	464.186 KB
Opplastingstid	26.05.2016 11:03:28



Neste side
Besvarelse
vedlagt

BACHELOROPPGAVE

Emnekode: KIF350

Navn: Johan Persson

Fysiologisk jämförelse av diagonalgång och stakning med olika stavlängder i motbacke på rullskidor.

Physiological comparison of diagonal stride and double poling with different pole lengths in uphill roller skiing.

Dato: 2016-05-26

Totalt antall sider: 23

Fysiologisk jämförelse av diagonalgång och stakning med olika stavlängder i motbacke på rullskidor.

JOHAN PERSSON

Nord Universitet Idrettsutdanningen i Meråker N-7530 Meråker Norge

Sammanfattning

Persson J. Fysiologisk jämförelse av diagonalgång och stakning med olika stavlängder i motbacke på rullskidor. **Problemställning:** Vilka fysiologiska skillnader är det mellan diagonalgång och stakning med olika stavlängder i motbacke på rullskidor? **Syfte:** Denna studies syfte är att genom att undersökta olika fysiologiska faktorer göra en jämförelse mellan effektivitet av diagonalgång och stakning med olika stavlängder i motbacke. **Metod:** Åtta manliga ländskidåkare tävlades på högsta nationella nivå genomförde samma testprotokoll fyra gånger, en gång i diagonalgång (DG) och tre gånger i stakning med olika stavlängder- normal stavlängd (SN), långa stavar (SL) och korta stavar (SK). Testet gick med konstant fart (10km/h) med ökande lutning varje minut med start på 7 %. De fysiologiska parametrar som mättes var $\dot{V}O_2$, hjärtfrekvens, slutlaktat och subjektiv upplevelse.

Resultat: DG visade på signifikant lägre ($P \leq 0,10$) O_2 -förbrukning från och med 12 % lutning och brantare, jämfört med SL mellan 4,2 -8,2 % mindre O_2 -förbrukning på 12-15 % lutning. Jämfört med SN och SK var skillnaderna större. SL var den stavlängd vid stakning som gav lägst O_2 -förbrukning. Vid 7-8 % lutning gav SL även signifikant lägre ($P \leq 0,10$) O_2 -förbrukning än DG, i procent 7-17 % lägre. Det var små skillnader i hjärtfrekvens på 7-9 % lutning. DG och SL hade liknande pulsutveckling från 8-14 % lutning medan SN och SK låg i genomsnitt 1-3 procentenheter högre i hjärtfrekvens från 10-14 % lutning. Utmattning nåddes vid 17-, 14-, 12- och 12 % för DG, SL, SN respektive SK. Det var inga signifikanta skillnader i slutlaktat och subjektiv upplevelse mellan de olika testen. **Slutsats:** Diagonalgång ser ut att vara mer effektivt än stakning, oavsett stavlängd, från 12 % lutning och brantare. För stakning i motbacke ser längre stavar ut att vara mer effektivt än normallängd och kortare stavar. **Nyckelord:** längdskidor, rullskidor, arbetsekonomi, diagonalgång, stakning, stavlängd

Teori

Inledning

I dagens klassiska längdåkning har stakningen fått en allt mer betydande position till följd av bättre spårpreparering, förbättrad skidutrustning och effektivare

utnyttjande av överkroppen (Saltin 1997; Sandbakk & Holmberg 2014; Holmberg 2015). De två senaste säsongerna har alla lopp i den internationella långloppscupen Ski Classics vunnit av utövare som stakat på skidor utan fästvalla, så kallade blanka

skidor. I världscupen har de senaste åren många sprinttävlingar vunnits på blanka skidor och de senaste säsongerna har även de första segrarna tagits i traditionella distanslopp. Blanka skidors största fördelar har ansetts vara på plattan och utför medan fästvallade skidor har setts som det bästa alternativet i motbackar (Nymoen et al. 2010). I tävlingar de senaste åren har det dock visat sig att stakning på blanka skidor har hävdat sig relativt bra även i motbackar (Torvik 2015). Forskningen på området stakning i motbacke är relativt tunt och med utvecklingen i modern skidåkning är detta ett område som är av intresse att se närmare på.

Fysiologiska faktorer

Det tre mest betydelsefulla faktorerna som prestation i längdskidor påverkas av är aerob kapacitet, anaerob tröskel och arbeteekonomi (Hoff et al. 2002; Tønnessen et al 2005)

Den aeroba kapaciteten bestäms av en utövares maximala syreupptag ($\dot{V}O_{2max}$) och i vilken grad denne kan utnyttja denna (Tønnessen et al 2005). $\dot{V}O_{2max}$ är den enskilt viktigaste fysiologiska faktorn för prestation i längdskidor (Rusko 2003). Den aeroba kapaciteten har, i förhållande till den anaeroba, större påverkan på prestation desto längre tävlingstiden är (Rusko 2004) men även i längdåkningens kortaste

disciplin, sprint, har den aeroba kapaciteten stor betydelse. Vesterinen et al. (2009) har visat att $\dot{V}O_{2max}$ är speciellt viktigt i de avslutande heaten i en sprinttävling och Sandbakk et al. (2010) har visat att $\dot{V}O_{2max}$ korrelerar starkt med prestation i en simulerad sprintprolog på rullskidband. Olika tekniker har specifik $\dot{V}O_{2peak}$, en utövare har ofta olika $\dot{V}O_{2peak}$ i diagonalgång och stakning (Rusko 2003). Det är möjligt att utveckla $\dot{V}O_{2peak}$ specifikt för en teknik, så som stakning (Eriksen 2010). Det har bland duktiga längdåkare mätts upp extremt höga $\dot{V}O_{2max}$ -värden (Holmberg 2009). Holmberg et al. (2007) mätte i en studie med sju internationellt tävlande längdåkare upp $\dot{V}O_{2max}$ -värden på $6,23 \pm 0,47$ L/min i diagonalgång och 3,8 % respektive 13,9 % lägre i löpning och stakning. Skillnaden i $\dot{V}O_{2peak}$ mellan hel och halvkroppsarbete blir enligt Calbet et al. (2004) relativt små till följd av att utbytet av syre i musklerna försvåras då maxarbete i stor del av kroppen gör att diametern på blodkärlen förminskas för att öka blodtrycket i artärerna. För att uppnå samma $\dot{V}O_{2peak}$ i överkroppsarbete estimerar Calbet et al. (2004) ett det krävs ett blodflöde på 6,0 L/min per arm vilket kan jämföras med högsta uppmätta värde för blodflöde i arm på skidåkare som är 5,2 L/min (Calbet et al. 2004). Utbytet av syre i de mindre muskelgrupperna i överkroppen vid hög intensitet i stakning

kan enligt Holmberg (2015) minskas av att musklerna aktiveras i så stor grad att det blir ett mekaniskt motstånd för blodflödet. Kapillärtätheten är en annan faktor som kan begränsa upptaget av syre i överkroppen eftersom den är sämre i överkroppen än i benen hos skidåkare (Holmberg et al. 2005). Hos simmare och kanotister har man dock sett ett lika utvecklat kapillärätverk i överkroppen som cyklister och löpare har i benen (Saltin 1997) vilket tyder på att det finns utvecklingspotential även för längdskidåkare (Holmberg 2015). I tillägg innehåller överkroppen mindre muskelfibrer typ-I (Terzis et al. 2006) som är mer effektiva när de gäller aerob energiomsättning (Åstrand et al. 2003).

Det är även fler fysiologiska skillnader vid överkroppsarbete jämfört med helkroppsarbete. Rusko (2003) menar att kurvan för laktat i förhållande till puls är specifik för överkroppsarbete. Förutom att mindre muskelgrupper aktiveras i större grad än i diagonalgång (Rusko 2003) är det större andel muskelfibrer typ-II i överkroppen jämfört med benen (Terzis et al. 2006) och denna typ av muskelfibrer är mer laktatproducerande (Åstrand et al. 2003). Det skapar högre laktatvärden i stakning jämfört med diagonalgång trots att arbetsekonomin kan vara bättre, så som i slaka motbackar (Rusko 2003). Holmberg

(2015) har också visat att oavsett teknik och varaktighet på submaximal klassisk rullskidåkning så släpper armarna ifrån sig mer laktat än de tar upp, medan förhållandet är det motsatta för benen (Van Hall et al. 2003).

Anaerob energiomsättning uppstår i längdskidor i korta uppförbackar, i slutskedet av lopp och under sprint då energibehovet övergår det som kan utvinnas aerobt (Rusko 2003). I modern längdåkning med fler masstarter och sprinter har möjligheterna för att utnyttja en god anaerob kapacitet ökat (Sandbakk & Holmberg 2014). Anaerob tröskel (AT) är den intensitet då en utövares laktatproduktion och -elimination är i jämvikt (Tønnessen et al 2005). En hög AT i förhållande till $\dot{V}O_{2max}$ är viktig för prestation i längdskidor (Larsson et al. 2002).

För att kunna utnyttja den aeroba kapaciteten hos en utövare krävs god arbetsekonomi. Den mäts i syreförbruk per kroppsvikt per sträcka (Svedenhag 2000). Utövarens teknik är det som främst påverkar arbetsekonomin men faktorer som utrustning och rådande förhållanden påverkar också (Tønnessen et al 2005).

Diagonalgång

Tekniken som främst har använts i motbackar i klassisk längdåkning är

diagonalgång (Rusko 2003). Den största skillnaden jämfört med stakning är att man fäster skidorna i snön med hjälp av skidans fästvalla. Med rätt fästvalla ska friktionen mot underlaget vara så pass stor att skidorna sitter statiskt mot underlaget under frånskjutet (Rusko 2003). En skida fästs i snön genom att utövaren flyttar tyngdpunkten till den skidan och trycker ner den så att fästvallen griper tag i snökristallerna och friktionen blir statisk (Rusko 2003). Detta sker till följd av sträckning i höft-, knä- och fotled i nämnd ordning och att det därigenom skapas kraft mot underlaget (Komi & Norman 1987; Lindinger et al. 2009). Den vertikala kraften under frånskjutsfasen kan vara så stor som 2-3 gånger kroppsvikten (Rusko 2003), eller 1600N (Stöggl et al. 2011). Ju brantare backen blir desto mer energi krävs för att fästa skidan i snön (Rusko 2003). Detta är en följd av att normalkraft och tyngdkraft inte verkar i samma riktning så som de gör på plattan (Torvik 2015). Den framåt drivande kraft som utvinns i varje frånskjut är i förhållande till den vertikala kraften liten, 10-25% av kroppsvikt och därför är det svårt att till fullo utnyttja den statiska friktionen från fästvallen (Rusko 2003).

Armpendeln sker i förhållande till benen diagonalt (Rusko 2003). Då ena armen pendlar förbi höften på samma sida inleds

frånskjutet i den sidans ben (Rusko 2003). Framföringen av arm och stav skapar då kraft till frånskjutet (Sandbakk & Tønnesen 2012). Kraftutvecklingen genom staven är en centralrörelse som startar i bukens muskler och går vidare upp i musklerna runt bröstkorgen - latissimus dorsi, teres major och pectoralis major, och sedan vidare ut i armen via främst triceps brachii (Terzis et al. 2006). Det är alltså både stavar och skidor som fäster i snön som skapar framdrift i diagonalgång, och det är i stort sett alltid något av dessa som är fäst i underlaget (Rusko 2003). Med ökande motlut blir det svårare att skapa statisk friktion mellan skida och snö och desto större del av den totala framåt drivande kraften kommer från stavtaget (Rusko 2003). Stavtagets framåt drivande kraftkomponent ökar också ju brantare lutningen blir (Pelligrini et al. 2010). Stavtagets tid är oförändrad med ökande lutning medan återhämtningsfasen blir kortare (Pelligrini et al. 2010).

Stakning

Vid stakning arbetar istället både armar och ben parallellt och det är endast i armarna som pendelrörelsen återfinns (Rusko 2003). Det är i huvudsak överkroppen som genom musklerna i bål och armar skapar kraften i rörelsen (Rusko 2003), men även musklerna i benen används (Holmberg et al. 2005) och är

precis som i övrig längdåkning de största energiförbrukarna (Van Hall et al. 2003). Holmberg et al. (2006) visade signifikant sämre prestation med begränsat bearbeta jämfört med fritt aktivt arbete med benen. Med aktivt bearbeta i höft-, knä- och fotled kan utövare mer effektivt utnyttja kroppsmassa och gravitation, i tillägg till överkroppsarbetet för att optimera prestation i stakning (Holmberg et al. 2005). Benen är speciellt aktiva i återhämtningsfasen för att repositionera kropp och stavar inför nästa stavtag (Holmberg et al. 2005). Ett aktivt bearbeta kan även hjälpa till med elimination av laktat samt öka tiden i återhämtningsfasen (Holmberg et al. 2006).

Ett gynnsamt stavtag i stakning startar med en distinkt utsträckning i fot-, knä och höftled som skapar en hög position innan stavarna sätts i underlaget (Holmberg et al. 2005). Musklerna aktiveras sedan i turordning i en centralrörelse från mage och höftböjare, vidare i extensorer i skuldror och sedan triceps brachii (Holmberg et al. 2006). De snabbaste utövarna har enligt Holmberg et al. (2005) mer kraft i varje stavtag under kortare tid vilket leder till kortare tid för stavtag och relativt mer tid för återhämtning. Stöggl & Holmberg (2011) visade att snabbare utövare genererar längre cykellängd med

längre svingtid och tid för stavtag men att stavtagets tid är relativt kortare i förhållande till cykellängden. Stöggl & Holmberg (2011) visade även att snabbare utövare sätter stavarna mer vertikalt mot underlaget, med maximal kraftutveckling inte under själva stavisättningen utan senare i stavtaget.

Eftersom angreppsvinkeln mot underlaget blir mer och mer riktat längs med underlaget ju brantare en backe blir, blir stavtaget mer effektivt med ökande lutning, bortsett från stavfästet som i vissa fall kan vara en begränsande faktor (Torvik 2015). Så mycket som 90 % av kraften i stavarna kan vid effektiv placering av stavarna vara framåt drivande (Rusko 2003). I förhållande till diagonalgång sker vid stakning större utnyttjning av excentrisk inledning genom flexion och extension av armbågsled (Rusko 2003), till följd av uträkning och förkortning i främst triceps brachii för att kunna genererar stor kraft i stavtaget (Lindinger Holmberg, Müller & Rapp 2009).

Med ökande lutning i stakning ökar kraftutvecklingen i varje stavtag och återhämtningsfasen blir kortare (Millet et al. 1998). Det ger högre cykelfrekvens (Millet et al. 1998) och mer utnyttjande av inledningen av stavtaget som genererar mest kraft (Holmberg et al. 2006). Förkortad återhämtningsfas och ökad

kraftutveckling i varje stavtag gör att tiden för återhämtning blir relativt kortare i förhållande till tiden för kraftbruk vilket ger större energikostnad (Millet et al. 1998). Enligt Rusko (2003) handlar optimal teknik i motbacke om att minimera tiden utan framåtdrivande kraft, något som talar mot stakning då återhämtningsfasen inte för till någon framdrift (Rusko 2003).

Sammanfattningsvis kan sägas att stakning och diagonalgång alltså ser ut att ha olika för- och nackdelar i motbackar.

Forskningen på diagonalgång i motbacke är relativt omfattande men för stakning är den mer begränsad, där har fokus mest legat på plattare terräng. Millet et al. (1998), vars resultat har nämnts tidigare, har emellertid gjort en studie som bland annat undersöker stavkrafter och tider för olika faser i stavtaget på lutningarna 2,1 % och 5,2 %. Liknande resultat i en ännu opublicerad studie fick Stöggle och Holmberg (under utgivning) vid stakning på lutningarna 1,7 % och 12,3 % där stavkrafter och kintematik undersöktes. Pelligrini et al. (2013) har gjort en studie med avsikt att bestämma vilka faktorer som påverkar valet av teknik i varierande lutning och varierande fart. Resultaten i studien tyder på att teknikväxlingar sker för att hålla kraften i stavtaget under ett visst tröskelvärde, samt att diagonalåkning kräver en viss minsta tid för frånskjut

vilket försvårar diagonalgång i hög fart. Utövarna fick växla teknik där det kändes naturligt och tvingades aldrig till att använda en viss teknik. Det är därför intressant att undersöka effektiviteten av diagonalgång och stakning när enbart en av teknikerna måste användas. Detta är speciellt intressant med tanke på utvecklingen inom längdsporten de senaste åren då allt fler väljer att gå på blanka skidor och tränar specifikt för detta. Hoffman et al. (1994) gjorde en sådan studie genom en fysiologisk jämförelse av diagonalgång och stakning på lutningarna 1,7 % och 7,1 %. Resultaten visade på lägre puls och mindre energiförbrukning för stakning på 1,7 % lutning men inga signifikanta skillnader för dessa faktorer vid 7,1 % lutning. Däremot visade subjektiv upplevelse på att stakning upplevdes som mer ansträngande på 7,1 % lutning samt att energiförbrukningen i förhållande till respektive $\dot{V}O_{2peak}$ i de olika delteknikerna var högre för stakning än för diagonalgång. Denna studie är gammal och med utvecklingen av sporten är det av intresse att se på hur förhållandet ser ut idag samt hur det ser ut på lutningar över 7,1 %.

Med enbart stakning kommer också frågan om vilken stavlängd som är optimal när det inte behövs ta hänsyn till diagonalgång och stakning med frånskjut. Inom detta område är vetenskapen relativt tunn. Nilsson et al.

(2003) gjorde en studie av ett stavtag på plan mark med tre olika stavlängder, normallängd-7,5cm, normallängd och normallängd+7,5. De undersökte stavtagets tid, kraftutveckling mot underlaget, resulterande hastighetsökning och vinkel vid stavisättning. Slutsatsen i studien var att längre stavar gav mer framåt drivande kraft och större fartökning än kortare stavar. En annan studie med exakt samma stavlängder av Hansen & Losnegard (2010) visade att under ett 80 meters time trial-test på rullskidor med stillastående start var de längre stavarna snabbast, speciellt under de 20 första metrarna. Äldre studier av Hoffman et al. (1994) visade inga signifikanta skillnader i $\dot{V}O_2$ och puls vid 1,7 % lutning i en jämförelse av stakning med stavar i normallängd och skatelängd. I en ännu opublicerad studie av Losnegard et al. (under utgivning)

Metod

Forskningsdesign

I denna studie deltog åtta frivilliga manliga utövare från Høgskolen i Nord-Trøndelag avd. Meråker. Forskningen gick ut på att undersöka fysiologiska skillnader mellan diagonalgång och stakning med olika stavlängder i motbacke på rullskidor. Testbatteriet innehöll variabler som skulle visa hur ansträngande eller fysiologiskt krävande de olika teknikerna var vid olika

undersöktes stakning på 4,4 % lutning med egen vald stavlängd ($84 \pm 1\%$ av kroppslängd) och stavar 7,5cm längre än detta ($88 \pm 1\%$ av kroppslängd). Resultaten visade lägre tid på en 1000m time trial samt lägre energiförbrukning på submaximala nivåer för de längre stavarna. Alla dessa studier gällde vid plan mark eller relativt svaga lutningar och säger ingenting om effektiviteten av olika stavlängder i brantare motbacke.

Denna studies syfte blir därför att genom att undersöka olika fysiologiska faktorer göra en jämförelse mellan effektivitet av diagonalgång och stakning med olika stavlängder i motbacke.

Problemställning:

Vilka fysiologiska skillnader är det mellan diagonalgång och stakning med olika stavlängder i motbacke på rullskidor?

grad(%) av motbacke. De fysiologiska variablerna är sett på som viktiga för prestation i längdskidor.

Försökspersonerna (FP) blev instruerade om att inte bedriva hård träning, varken styrketräning eller intervallträning, de sista två dagarna före testet samt att de förberedde sig på samma sätt som inför en tävling för att vara så väl förberedda som möjligt, både fysiskt och mentalt. Alla FP

blev skriftligen orienterade om forskningsupplägget och muntligt examinerade på testdagen för att säkerställa att de var införstådda med vad försöket innebar och att de inte var sjuka. För att få svar på problemställningen blev resultaten för varje lutning jämfört i diagonalgång och stakning med statistiska mätmetoder, signifikanta och inte signifikanta skillnader, och dessa gav sedan grund för vidare diskussion och analys.

Försökspersoner (FP)

Åtta manliga längdskidåkare på elitnivå deltog frivilligt i försöken. FP:s demografiska variabler är presenterat i tabell 1.

Tabell 1. Karakteristika för längdskidåkare på elitnivå:

(n=8) *Mean=gj.snitt, SD= standaravvik, Range = min og max värde.

	Mean ± SD	Range
FIS-punkter	120 ± 44	77-206
Ålder, år	22 ± 1,1	20-23
Vikt, kg	77,1 ± 5,0	70,2-85,6
Längd, cm	183 ± 3,6	178-188

Innan testet blev FP informerade om att de kunde avbryta testet när som helst om de önskade utan att behöva förklara sig. Alla FP hade tidigare erfarenhet av att åka

rullskidor på rullskidband. Testproceduren blev utformat med hänsyn till Helsinkideklarationen 2008 om forskning med människor som försökspersoner. Studien blev godkänd av vägledare vid Nord Universitet, Meråker Idrottsstudier.

Testprocedur

Efter säsongen 2015/2016 genomförde FP ett testbatteri bestående av fysiologiska tester samt subjektiv upplevelse av ansträngning. FP genomförde på rullskidor på rullskidband samma testprotokoll fyra gånger. Testen var uppdelade i set om två där de två första testen skedde i första setet med cirka 15 minuters aktiv vila mellan testen. Efter det fick utövarna vila cirka 1h 15min före de två sista testen som också de skedde med cirka 15 minuters vila mellan. Alla FP genomförde en 15 minuter standard uppvärmning på 60-75% av maximal hjärtfrekvens i löpning på löpband. Ett av testerna genomfördes med diagonalgång och tre med stakning. De tre testerna i stakning skedde med normal klassisk stavlängd (kroppslängd – 30cm), skatelängd, (kroppslängd – 20cm) och kortare stavar (höjd av kornäbbsutskott, *processus coracoideus*, - 5cm). Testet i diagonalgång föregick med normal klassisk stavlängd. För att minimera påverkan av utmattningspåverkan på senare tester gjorde utövarna testen i olika ordning, se tabell 2.

Tabell 2. Ordningsföljd av tester för FP.

DG = diagonalgång, SN = Stakning normallängd, SL = stakning skatestavar, SK=stakning korta stavar

	FP1	FP2	FP3	FP4	FP5	FP6	FP7	FP8
Test 1	DG	SN	SL	SK	DG	SN	SK	SL
Test 2	SN	DG	SK	SL	SN	DG	SL	SK
Test 3	SL	SK	DG	SK	SK	SL	DG	SN
Test 4	SK	SL	SN	DG	SL	SK	SN	DG

Testet gick på 10 km/h och start på 7 % lutning. Lutningen höjdes sedan med 1 % varje minut till utmattning. Under testet registrerades puls och $\dot{V}O_2$ för varje lutning. Efter varje test gjordes laktattest och utövarna fick värdera subjektiv upplevelse av testet. Laktat i blodet mättes efter ett stick i fingertoppen med laktatmätare. $\dot{V}O_2$ mättes genom att utövarna i hela testet fick åka med en slang i munnen och klämma över näsan. Slangen var sedan kopplad till en spirometer som gav ett värde på $\dot{V}O_2$. Puls mättes med hjälp av pulsband trådlöst kopplad till pulsklocka och subjektiv upplevelse mättes genom att utövarna fick gradera graden av utmattning enligt BORG-skalan. Testerna genomfördes på testlabbet vid Meråker Vidaregående Skole.

Utrustning

Rullskidbandet var ett Rodby RL3500 (Sverige). Rullskidorna var av typen Swenor fibreglass med rullmotstånd 2 (Norge). Stavarna som FP använde var

Swix CT1 (Norge) med specialgjorda spetsar för åkning på rullskidband. Till pulsmätning användes Polar RCX3 (Finland). Laktatmätning skedde med Lactate Scout+ (Tyskland). Jaeger Oxycon Pro (Tyskland) användes för att mäta $\dot{V}O_2$. Subjektiv upplevelse mättes med hjälp av BORG-skalan, utvecklad av Gunnar Borg (1962).

Statistik

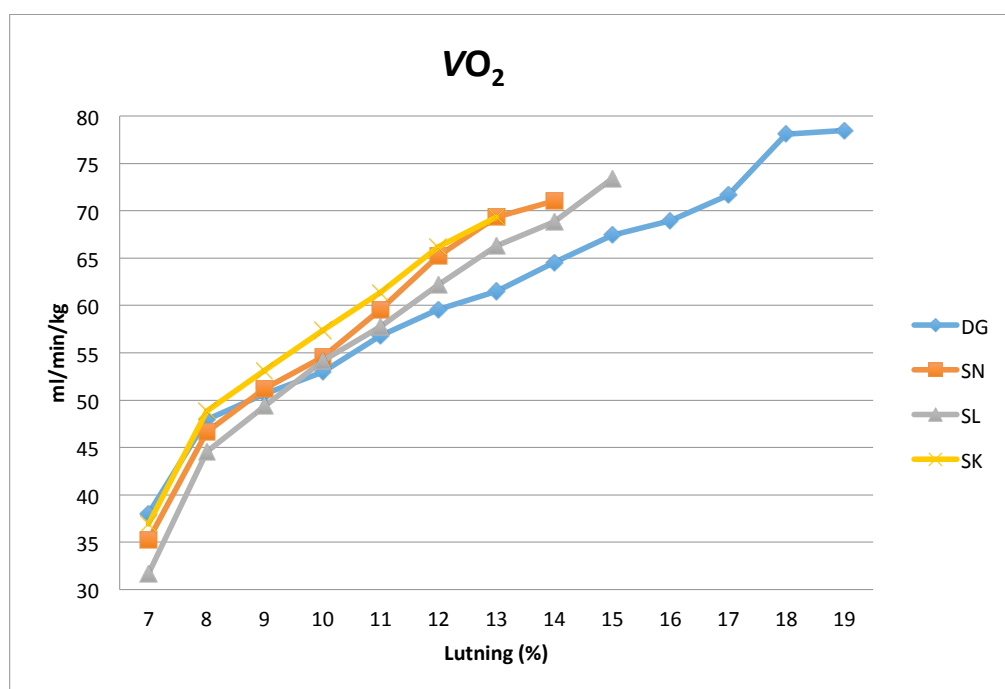
Testresultaten från FP blev analyserade och kontrollerad för normalitet med standardiserade statistiska metoder. Data blev sammanställt och framställt genom genomsnitt (m) med standardavvikelse (SD) för diagonalgång respektive stakning. Students T-test användes för att undersöka om de rådde signifikant skillnad mellan data från de olika teknikerna. I linjediagram med punkter framställdes sedan testresultaten, ett diagram var för puls, laktat, subjektiv upplevelse och $\dot{V}O_2$. För alla analyser sattes alpha nivå av

statistisk skillnad till $P \leq 0,10$. Microsoft Office Excel for Mac 2011 användes för att

organisera data och göra beräkningar av genomsnitt, SD och students t-test

Resultat

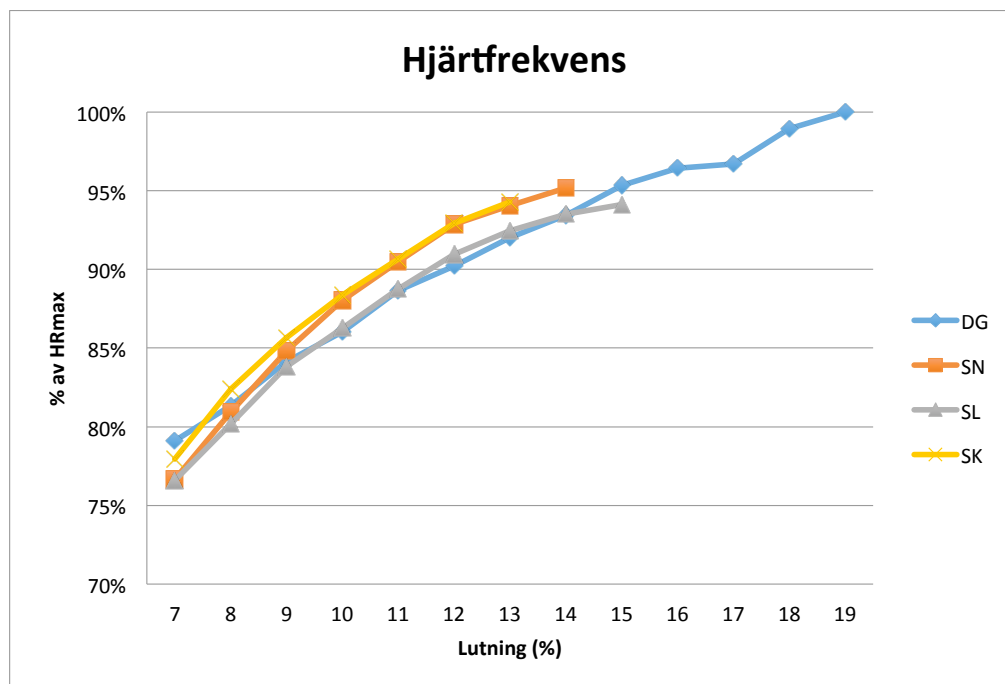
I denna undersökning visar resultaten fysiologiska skillnader i syreupptag, laktatprodukt, hjärtfrekvens och respiratorisk kvot vid stakning med långa stavar (SL), stakning med normallånga stavar (SN) och stakning med korta stavar (SK) jämfört med diagonalgång (DG) vid ökande lutning på motbacke. Tid till utmattning och subjektiv upplevelse är också mätt vid testen. Alla mätningar på samtliga 8 FP gjordes vid en hastighet av 10 km/h.



Figur 1 visar hur mycket syre som förbrukas vid olika lutningar vid 10 km/h för diagonalgång samt stakning med tre olika stavlängder.

Resultaten visar att det från 12 % och brantare var signifikant ($P \leq 0,10$) lägre energiförbrukning för DG jämfört med stakning med alla olika stavlängder. Vid 12 % lutning var syreförbrukningen i genomsnitt 2,6 ml/min/kg lägre för DG jämfört med SL och 5,6 och 6,6 ml/min/kg jämfört med SN och SK. Energikostnaden var således i nämnd ordning 4,2 %, 8,6 % och 10 % lägre för DG jämfört med SL, SN och SK på 12 % lutning. Vid 13 % var energiförbrukningen för DG i genomsnitt 4,8 ml/min/kg (7,3 %) lägre jämfört med SL, 7,9 ml/min/kg (11,4 %) lägre jämfört med SN och 7,9 ml/min/kg (11,3 %) jämfört med SK. Vid

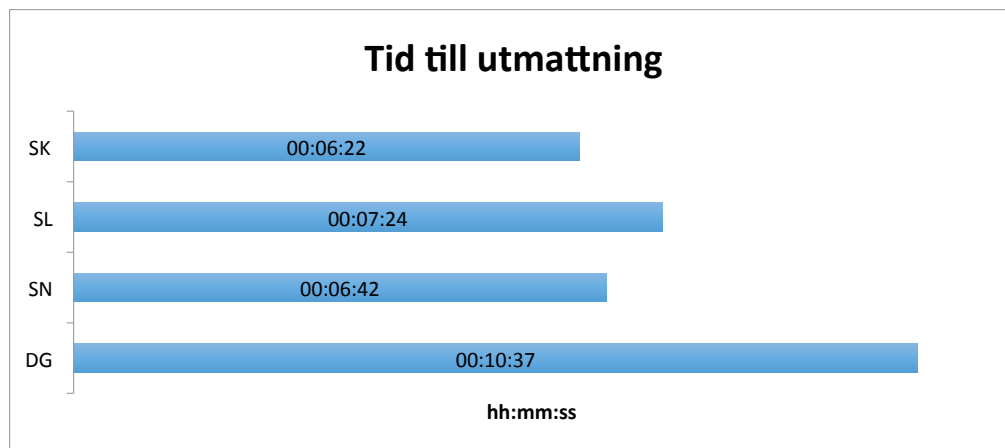
14 % lutning var energiförbrukningen för DG 4,3 ml/min/kg (6,2 %) lägre jämfört med SL och 6,4 ml/min/kg (9,1 %) lägre jämfört med SN. För SK finns från 14 % lutning inga värden. Vid 15 % lutning som är den sista lutningen där det finns värden från stakning genom SL var energiförbrukningen för DG 6,0 ml/min/kg (8,2 %) lägre än för SL. SL var den stavlängd som visade lägst energiförbrukning vid stakning på samtliga lutningar där värden fanns och i förhållande till DG gav SL signifikant ($P \leq 0,10$) lägre energiförbrukning på 7-8 % lutning, i genomsnitt 3,4-6,4 ml/min/kg (7-17 %) lägre. På 9-11 % var det ingen signifikant skillnad ($P > 0,10$) mellan de olika testen. $\dot{V}O_{2peak}$ var signifikant ($P \leq 0,10$) högre för DG jämfört med stakning med samtliga stavlängder. I DG var $\dot{V}O_{2peak}$ i genomsnitt $69,4 \pm 5,1$ (60,2-79,1) ml/min/kg medan $\dot{V}O_{2peak}$ för stakning med de olika stavlängderna i genomsnitt var 3,1-4,1 ml/kg/min (4,5-5,9 %) lägre. Det rådde ingen signifikant skillnad ($P > 0,10$) i $\dot{V}O_{2peak}$ mellan de olika stavlängderna.



Figur 2 visar hjärtfrekvens vid olika lutningar för diagonalgång samt stakning med tre olika stavlängder.

Resultaten visar att det på 7-9 % var små skillnader i hjärtfrekvens mellan de olika testen. Den enda signifikanta ($P \leq 0,10$) skillnaden på dessa lutningar var att SL på 7 % lutning visade sig i genomsnitt ge 2 procentenheter lägre hjärtfrekvens än DG. FP mätte ingen signifikant ($P > 0,10$) skillnad i hjärtfrekvens mellan SL och DG på 8-14 % lutning, de hade alltså en

liknande pulsutveckling. Från 10 % lutning var hjärtfrekvensen signifikant ($P \leq 0,10$) lägre i DG jämfört med SN och SK på samtliga lutningar där resultat fanns, med undantag av 13 % lutning där DG och SK inte visade någon signifikant ($P > 0,10$) skillnad. DG gav i genomsnitt 1-3 procentenheter lägre puls i förhållande till SN och SK på 10-14 % lutning.



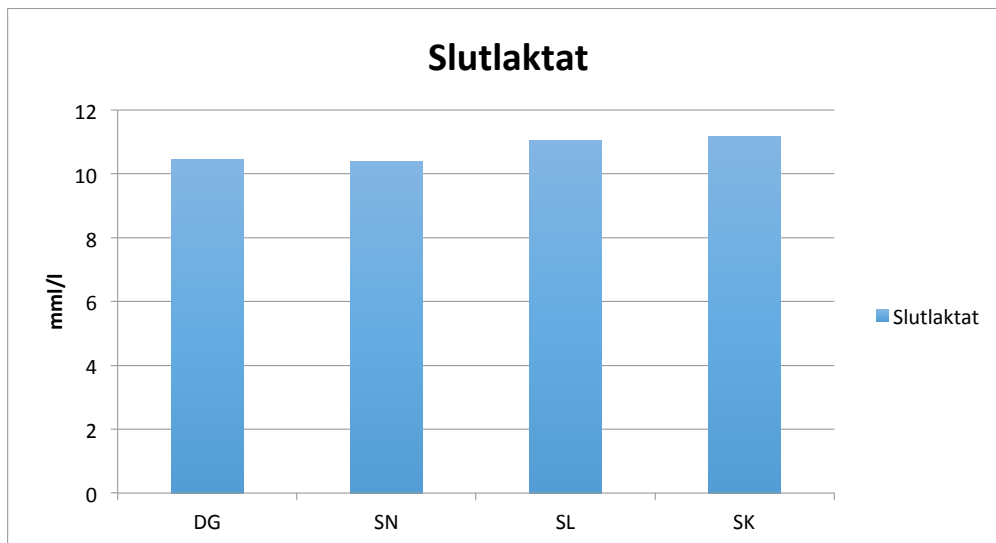
Figur 3 visar hur länge FP klarade att åka i de olika testen.

FP klarade av att åka klart längre i DG jämfört vid med SL, SN och SK. Mellan 6-7 minuter var lutningen 13 % och mellan 7-8 minuter var lutningen 14 %. Lutningen mellan 10-11 minuter var 17 %. Tiderna motsvarar såldes följande lutningar vid utmattning:

Lutning vid utmattning	DG	SN	SL	SK
medel	17	13	14	13
SD	1,58	1,04	1,36	0,99
max	20	14	16	14
min	15	11	12	11

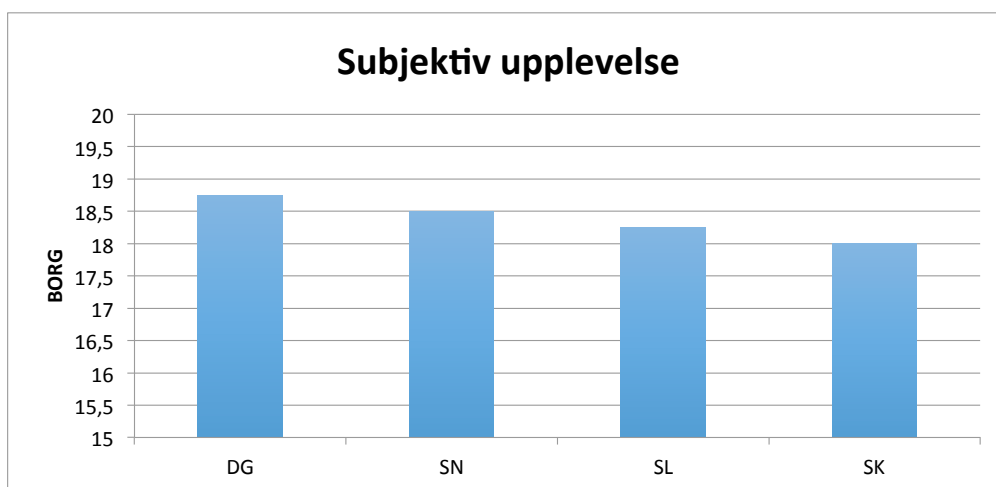
Tabell 3 visar vid vilken lutning utmattning nåddes i de olika testen (lutning i %).

FP klarade i genomsnitt att gå DG upp till 17 % lutning. För stakning nåddes brantaste lutning (14 %) med SL. För SN och SK nåddes utmattning vid 13 % lutning.



Figur 4 viser laktat etter avslutat test for diagonalgang samt stakning med tre ulike stavlängder.

FP visade ingen signifikant ($P > 0,10$) skillnad i laktatv rde etter avslutat test i DG jämfört med SN, SL eller SK.



Figur 5 viser hvilken subjektiv opplevelse FP hadde av de ulike testen.

Den subjektiva opplevelsen for de ulike testen visade inte på några signifikanta ($P > 0,10$) skillnader. Genom att bara se till gjennomsnittsv rden  r tendensen att DG  r mer anstr ngende  n SN, SL og SK. Samma tendens ses i slutlaktat og respiratorisk kvot vid utmatting.

Respirationsutbyteskvoten (RER) mättes och visade inga signifikanta ($P > 0,10$) skillnader mellan testerna. Det användes för att säkerställa att FP nådde sitt max i varje test. Tendensen var att DG och SN gav något högre värde än SL och SK.

Diskussion

Syftet med denna studie var att genom en undersökning av olika fysiologiska faktorer göra en jämförelse av effektivitet i diagonalgång och stakning med olika stavlängder vid olika lutningar i motbacke.

Studiens viktigaste fynd är att det upp till och med 11 % lutning är lika effektivt eller effektivare att staka jämfört med att gå diagonalgång (DG). Här tycks det sedan gå en brytpunkt. Från 12 % lutning tyder den lägre energiförbrukningen för DG på att det är den delteknik som är mest effektiv. Att energiförbrukningen ökar mer för stakning jämfört med DG på lutningar över 11 % beror sannolikt på att FP i stakning går över till en högre frekvens och tvingas korta ner återhämtningsfasen för att hinna repositionera kroppen inför nästa stavtag samtidigt som energikostnaden i varje stavtag ökar på grund av ökningen i lutning. Tiden för återhämtning blir då för kort i förhållande till energiåtgången i varje stavtag och den totala energikostnaden ökar. Detta stämmer väl överens med observationer från Millet et al. (1998) som visade att ökande lutning medför förkortad återhämtningsfas och

större kraftutveckling i varje stavtag. Energekostnaden för DG visar på en planare kurva från 8 % lutning vilket visar att energikostnaden inte ökar lika dramatiskt som för stakning. Detta kan delvis bero på att man vid DG på rullskidor har väldigt stor effekt av frånskjutet då bakspärren garanterar att skidan fäster 100 % till underlaget. Vid skidor på snö som underlag kan detta vara annorlunda, den vertikala kraften vid ett frånskjut på snö kan vara 2-3 ggr kroppsvikten medan den framåt drivande kraften endast är cirka 10-25% av kroppsvikten (Rusko 2003). Detta indikerar att det att fästa skidorna på snö är en väldigt energikrävande process. DG har inte heller samma problem med allt för kort återhämtningsfas i och med att man i DG har framdrift genom i stort sett hela cykeln (Rusko 2003). På grund av det behöver inte heller musklerna aktiveras i lika stora grad, Rusko (2003) menar att muskelkontraktionerna i DG motsvarar 10-25 % av 1RM. Detta värde är sannolikt en del högre i stakning då det inte är framdrift genom hela cykeln och all framåt drivande kraftutveckling sker genom stavtaget. Millet et al. (1998) beräknade att vid en ökning i lutning från 2,1 % till 5,1 % gavs

en ökning i effektutveckling på hela 50-60 % i varje stavtag. Relativt små ökningar i lutning ger alltså stora krav på ökad effektutveckling. En annan förklaring till den lägre energiförbrukningen för DG kan vara att man i DG utnyttjar muskulaturen i benen bättre och denna muskulatur innehåller mer muskelfibrer typ-1 som ger bättre förutsättningar för aerob energiomsättning (Åstrand et al. 2003).

Genom att studera hjärtfrekvens syns inte samma tydliga brytpunkt. Där är skillnaderna mindre. Jämfört med stakning med långa stavar (SL) är pulsutvecklingen nästan helt lika mellan 9-14 % men efter det tycks DG kunna fortsätta att driva pulsen upp mot maximal hjärtfrekvens. I förhållande till stakning med normala stavar (SN) och stakning med korta stavar (SK) ligger hjärtfrekvensen för DG på 10-14 % lutning konstant 1-3 procentenheter lägre. Sedan syns samma tendens att det för stakning tar stopp vid en lägre hjärtfrekvens. Detta kan tyda på att begränsningen vid stakning i motbacke inte ligger i den centrala kapaciteten utan i den lokala kapaciteten. Detta stämmer väl överens med Shephard et al. (1988) som hävdade att en minskning av involverad muskelmassa i en rörelse innebär förflyttning från centrala till lokala begränsningar. En förklaring kan vara att den relativt kortare återhämtningsfasen för

stakning gör att musklerna tvingas vara kraftigt aktiverade i så stor del av cykeln att det blir stort perifert motstånd genom avklämning av kapillärer, något som ger dålig syresättning och därigenom högre laktatproduktion i dessa muskler som bromsar ökningen av hjärtfrekvens och istället ger lokal utmattning i musklerna. Detta stämmer väl överens med Åstrand et al. (2003) som menar att lokal utmattning kan uppstå om för kraftiga muskelkontraktioner sker med för tät frekvens vilket medför försämrat blodflöde och därigenom för dålig syresättning och bortforsling av restprodukter. Lokal utmattning med högt muskellaktat kan vara en förklaring till att ökningen i hjärtfrekvens bromsades i stakning. Den mer energieffektiva åkningen i DG gjorde också att FP klarade att nå en brantare lutning. Vid DG nåddes utmattning i genomsnitt på 17 % lutning eller efter 10min 37s. Medan man i genomsnitt nådde 14 % lutning eller 7min 24s med SL och 13 % eller 6min 22s och 6min 42s för SK respektive SN.

$\dot{V}O_{2peak}$ var i genomsnitt 69,4 för DG medan det var 4,5-5,9 % lägre för stakning. Dessa skillnader är avsevärt mindre än resultat från Holmberg et al. (2007) som visade på 13,9 % lägre $\dot{V}O_{2peak}$ i stakning. I takt med den moderna skidåkningens utveckling de senaste åren med större

fokus på stakning är det möjligt att dagens utövare har lyckats utveckla sin överkroppskapacitet och därför närmat sig sitt $\dot{V}O_{2peak}$ i DG. Saltin (1997) visade exempelvis att kanotister och simmare kan ha lika hög kapillardensitet i överkroppen som cyklister och löpare har i benen, vilket talar för att även längskidåkare som lagt mer fokus på överkroppsarbete kan ha närmat sig detta. Det är dock fortsatt ett stycke kvar tills $\dot{V}O_{2peak}$ är lika högt i stakning som DG för FP i denna studie, vilket kan bero på att FP inte var specialtränade för stakning, så som typiska långloppsåkare. Hade de varit det är det möjligt att förhållandet varit ett annat mellan $\dot{V}O_{2peak}$ i DG och stakning. Här kan återigen det faktum att de mindre muskelgrupperna i överkroppen tvingas vara så kraftigt aktiverade vara en begränsning då det blir ett mekaniskt motstånd för blodflödet, något som minskar syreutbytet (Holmberg et al. 2015). Det är estimerat att det krävs ett blodflöde på 6,0 L/min för att nå samma $\dot{V}O_{2peak}$ i överkroppsarbete som i helkroppsarbete medan det högsta uppmätta värdet är 5,2 L/min (Calbet et al. 2004). Den större andelen muskelfibrer typ-II i överkroppen (Terzis et al. 2006) är också en begränsande faktor då dessa är sämre på aerob energiförbrukning.

Studiens näst viktigaste fynd är de skillnader som visades i stakning mellan de olika stavlängderna. SL tycks vara klart effektivast vid stakning i motbacke. Energiförbrukning och hjärtfrekvens är lägre och tid till utmattning är längre jämfört med SN och SK. Förklaringen kan ligga i att de längre stavarna ger längre arbetsväg. En annan förklaring är att de längre stavarna gör att FP kan staka med en mer upprest position och därigenom inte har lika lång väg att resa kroppen i återhämtningsfasen för att repositionera. Med en högre position sker också en mer effektiv utnyttning av muskler i mage och armar samt att höften hålls i en högre position. Därigenom kan FP avsluta stavtaget tidigare och undvika en allt för låg position med tyngdpunkten bakom kroppen. Detta ger en kortare väg för repositionering som är en begränsande faktor speciellt vid stakning i motbacke då denna fas inte har någon framdrift. Rusko (2003) menar att optimal teknik i motbackar handlar om att minimera tiden utan framdrift, något som alltså ser ut att vara lättare med längre stavar. Vid en undersökning av vertikal rörelse av kroppens masscentrum vid stakning med egen vald stavlängd ($84 \pm 1\%$ av kroppslängd) och stavar 7,5cm längre än detta ($88 \pm 1\%$ av kroppslängd) på 4,4 % lutning i en ännu opublicerad studie från Losnegard et al. (under utgivning) visade

just det att stakning med långa stavar ger en högre position i hela cykeln och minskad vertikal rörelse vilket implicerar minskad energikostnad för benen. Med långa stavar kan stavarna också sättas i längre bak men ändå få lång arbetsväg och utveckla mer kraft längs med underlaget. Med kortare stavar tvingas man sätta stavarna längre fram för att få tillräckligt lång arbetsväg i förhållande till återhämtningsfasen, vilket kan bli tyngre då kraftutvecklingen sker mer horisontalt mot underlaget. Stavisättning undersöktes också i den opublicerade studien från Losnegard et al. (under utgivning) där de det visade sig att de längre stavarna tenderade att sättas i något längre bak jämfört med de kortare stavarna.

Studiens tredje viktigaste fynd var att värden för slutlaktat, subjektiv upplevelse och respirationautbyteskvot inte visade några signifikanta skillnader. Värden för laktat tyder på att laktatproduktionen vid maximal ansträngning var liknande för de olika testerna, trots att maximal hjärtfrekvens var högre för diagonalgång. Att laktatproduktionen var ungefär lika trots att pulsen var högre i DG stämmer väl överens med att laktatkurvan i förhållande till puls är specifik för stakning (Rusko 2003). Detta till följd av en större aktivering av överkroppens muskulatur i

stakning som innehåller mer typ II-muskelfibrer som producerar mer laktat (Terzis et al. 2006). Tendensen för subjektiv upplevelse var att DG upplevdes som något mer ansträngande än stakning. Samma tendens gick att se även i respirationsutbyteskvot vilket kan tyda på att FP klarade att pressa sig hårdare i DG. En trolig förklaring är att det i stakning är mer lokala begränsningar i stakmuskulaturen som begränsar och inte den centrala kapaciteten. DG har en jämnare fördelning av kraftutveckling i större delen av kroppen med minimal tid utan framdrit (Rusko 2003). Även om stakning också till stora delar är ett helkroppsarbete visade en studie från Holmberg et al. (2005) att aktiveringen av de olika delarna i kroppen sker i olika faser i cykeln, först övervägande överkroppen i stavtaget och sedan benen i större del i återhämtningsfasen. Denna mer ojämna aktivering kan leda till att lokala muskler tvingas aktiveras i större grad än i DG och därför producerar mer laktat vid en lägre hjärtfrekvens och upplevs som begränsande innan den centrala kapacitetens maximum har nåtts. Därför kan FP uppleva att de kan pressa sig längre i DG och därigenom upplevs den totala ansträngningen som något högre.

Sammanfattningsvis kan sägas att de ser ut som att stakning är effektivare eller lika effektivt som DG upp till och med 11 % lutning men att det från 12 % lutning går en brytpunkt där DG är mer effektivt. Förutsättningen för detta är att man har 100 % fäste. Detta är något man har på rullskidor då optimalt fäste är säkerställt oavsett förhållanden och teknik genom bakspärren som hindrar att man glider bakåt. Vid längdskidor på snö tillkommer svårigheterna att fästa skidorna i underlaget vilket är en energikrävande del av diagonaltekniken (Torvik 2015). För att få fäste krävs att tillräckligt stor friktion mot underlaget skapas genom normalkraft och friktion mellan snö och fästvalla (Rusko 2003; Torvik 2015). Bristande timing, fel riktning på kraftutveckling eller fel fästvalla kan innebära att skidan inte lyckas fästas mot snön vilket innebär att man tappar framdrift och balans. Med en kraftutveckling på 2-3 gånger kroppsvikten (Rusko 2003) i ett frånskjut som i dessa fall inte ger någon framdrift är det mycket energi som går förlorad. Liknande tester på snö skulle därför troligen ge ett annat resultat och det är möjligt att brytpunkten skulle komma vid en brantare lutning. Å andra sidan kan stavfästet på snö var en begränsande faktor främst för stakning som i vissa förhållanden kan minska effektiviteten (Torvik 2015). Framtida studier skulle kunna undersöka hur

skillnader i effektivitet ser ut på snö som underlag. När det gäller stavlängd ser det ut som att längre stavar är mer effektivt vid stakning i motbacke. På platten och vid svag lutning finns studier som också visar tydliga fördelar med längre stavar (Nilsson et al. 2003; Hansen & Losnegard 2010; Losnegard et al. (under utgivning)). Tillsammans ger dessa studier en bra helhetsbild angående stavlängdens betydelse.

Resultaten från denna studie kan användas i valet av att gå med eller utan fästvalla i tävlingar i framtiden samt vilken stavlängd som ska användas vid stakning. Den kan också bidra till att kunna ge utrustningsbegränsningar för stavlängd om det önskas att behålla diagonalgång som en delteknik i klassisk skidåkning i framtiden. Kortare stavar än normalt var den stavlängd för stakning som gav störst skillnad i effektivitet jämfört med diagonalgång. Därigenom kan begränsningar för maximal stavlängd höja tröskeln för att enbart staka tävlingar.

Slutsats

Diagonalgång ser ut att vara mer effektivt än stakning, oavsett stavlängd, från 12 % lutning och brantare. För stakning i motbacke ser längre stavar ut att vara mer effektivt än normallängd och kortare stavar.

Litteraturlista

- Calbet JA., Jensen-Urstad M., Van Hall G., Holmberg HC., Rosdahl H., Saltin B. (2004) *Maximal muscular vascular conductances during whole body upright exercise in humans*. Jour Phys 558:319-331
- Eriksen S. (2010) *Utnyttelse av maksimalt oksygenopptak ved staking i langrenn*. Høgskolen i Telemark
- Borg G. (1962) *Physical Performance and Perceived Exertion*. Lund: CWK Gleerup.
Dissertation
- Hansen EA., Losnegard T. (2010) *Pole length affects cross-country skiers' performance in an 80-m double poling trial performed on snow from standing start*. Sports Eng. 12(4):171-178
- Hoff J., Gran A., Helgerud J. (2002) *Maximal strenght training improves aerobic endurance performance*. Scand. J. Med. Sci. Sports. 12(5):288-295
- Hoffman MD., Clifford PS., Watts PB., Drobish KM., Gibbons TP., Newbury VS., Sulentic JE., Mittelstadt SW., O'Hagan KP. (1994) *Physiological comparison of uphill roller skiing: diagonal stride versus double pole*. Med. Sci. Sports Excerc. 26(10):1284-1289
- Holmberg HC., Lindinger S., Stöggle T., Eitzlmair E., Müller E. (2005) *Biomechanical analysis of double poling in elite cross-country skiers*. Med. Sci. Sports. Excerc. 37(5):807-818

- Holmberg HC., Lindinger S., Stöggl T., Björklund G., Müller E. (2006) *Contribution of the legs to double-poling performance in elite cross-country skiers*. Med. Sci. Sports. Exerc. 38(10):1853-1860
- Holmberg HC., Rosdahl H., Svedenhag J. (2007) *Lung function and oxygen uptake during double poling, running and diagonal skiing in elite cross-country skiers*. Scand. J. Med. Sci. Sports. 17(4):437-448
- Holmberg HC. (2009) *The competitive Cross - Country Skier – an impressive human Engine*. Science and Skiing IV, Maidenhead: Meyer & Meyer Sport: 101-109
- Holmberg HC. (2015) *The elite cross-country skier provides unique insights into human exercise physiology*. Scand. J. Med. Sci. Sports. 25(4):100-109
- Komi PV., Norman RW. (1987) *Preloading of the thrust phase in cross-country skiing*. Int J Sports Med 8(1):48-54
- Larsson P., Olofsson P., Jakobsson E., Burlin L., Henriksson-Larsén K. (2002) *Physiological predictors of performance in cross-country skiing from treadmill tests in male and female subjects*. Scand. J. Med. Sci. Sports. 12(6):347-353
- Lindinger SJ., Göpfert C., Stöggl T., Müller E., Holmberg HC. (2009) *Biomechanical pole and leg characteristics during uphill diagonal roller skiing*. Sports Biomech. 8(4):318-333
- Lindinger SJ., Holmberg HC., Müller E., Rapp W. (2009) *Changes in upper body muscle activity with increasing double poling velocities in elite cross-country skiing*. Eur. J. Appl. Physiol. 106:353-363

- Losnegard T., Myklebust H., Skattebo Ø., Stadheim HK., Sandbakk Ø., Hallén J. (under utgivning) *The influence of pole length on performance, O₂-cost and kinematics in double poling* Human Kinetics
- Millet GY., Hoffman MD., Candau RB., Clifford P.S. (1998) *Poling forces during roller skiing: effects of grade*. Med. Sci. Sports Exerc. 30(11):1637-1644
- Nilsson J., Jakobsen V., Tveit P., Eikrehagen O. (2003) *Pole length and ground reaction forces during maximal double poling in skiing*. Sports Biomech. 2(2):227-236
- Nymo P., Myklebust M., Djupvik MA., Aukland F., Amundsen K., Iversen OM., Solli MS., Sandbakk Ø. (2003) *Utviklingstrappa i langrenn*. Olympiatoppen
- Pelligrini B., Bortolan L., Schena F. (2010) *Poling force analysis in diagonal stride at different grades in cross country skiers*. Scand. J. Med. Sci. Sports. 21(4):589-597
- Pelligrini B., Zoppirolli C., Bortolan L., Holmberg HC., Zamparo P., Schena F. (2013). *Biomechanical and energetic determinants of technique selection in classical cross-country skiing*. Hum. Mov. Sci. 32(6):1415-1429
- Rusko H. (2003) *Cross Country Skiing*. Massachusetts: Blackwell Science
- 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*. Science and Skiing. Cambridge: E. & F. N. Spoon 435-469

- Sandbakk Ø., Ettema G., Leirdal S., Jakobsen V., Holmberg HC. (2010) *Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance* Eur. J. Appl. Physiol. (2011) 111(6):947-957
- Sandbakk Ø., Tønnesen E. (2012) *Den norske langrennsboka*. Oslo: H Aschenehoug & Co
- Sandbakk Ø., Holmberg HC. (2014) *A reappraisal of Success Factors for Olympic Cross-Country Skiing*. Int. J. Sports Physiol. Perform. 9(1):117-121
- Shepard RJ., Bouhlef E., Vandewalle H., Monod H. (1988) *Muscle mass as a factor limiting physical work*. J. App. Phy. 64(4):1472-1479
- Stöggl T., Müller E., Ainegren M., Holmberg H-C. (2011) *General strength and kinetics: fundamental to sprinting faster in cross country skiing?* Scand. J. Med. Sci. Sports. 21(6):791-803
- Stöggl T., Holmberg HC., (2011) *Force interaction and 3D pole movement in double poling* Scand. J. Med. Sports. 21(6):393-404
- Stöggl T., Holmberg HC. (under utgivning) *Double-Poling Biomechanics of Elite Cross-country Skiers: Flat versus Uphill Terrain*. Med. Sci. Sports Exerc.
- Svedenhag J. (2000). *Endurance Conditioning*. Endurance in sport. 2nd ed. London: Blackwell Science
- Terzis G., Stattin B., Holmberg HC. (2006) *Upper body training and the triceps brachii muscle of elite cross country skiers*. Scand. J. Med. Sci. Sports. 16(2):144

Torvik PØ. (2015) *Klassisk langrenns framtid*. Skisport 2015(3):60-63

Tønnessen E., Madsen Ø., Wisnes A., Frøyd C., Aasen S., Sæterdal R. (2005) *Utholdenhet – trening gir resultater*. Oslo: Akilles

Van Hall G., Jensen-Urstad M., Rosdahl H., Holmberg HC., Saltin B., Calbet J-A. (2003) *Leg and arm lactate and substrate kinetics during exercise*. Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 284(1):193-205

Vesterinen V, Mikkola J, Nummela A, Hynynen E, Häkkinen K. (2009) *Fatigue in a simulated cross-country skiing sprint competition*. J. Sport Sci. 27:1069-77

Åstrand PO., Rodahl K., Dahl HA., Strømme SB. (2003) *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise 4th ed.* Human Kinetic

Opplasting av samtykkeskjema

Opplasting samtykkeskjema

Last opp pdf.-filen her. Maks én fil.

BESVARELSE

Filopplasting

Filnavn	5226410_cand-5403393_5224941
Filtype	pdf
Filstørrelse	26.722 KB
Opplastingstid	25.05.2016 15:50:16



Neste side
Besvarelse
vedlagt



SAMTYKKE TIL BRUK AV PROSJEKT, KANDIDAT-, BACHELOR- OG MASTEROPPGAVER

Forfatter(e): Johan Persson

Norsk tittel: Fysiologisk jämförelse av diagonalgång och stakning med olika stavlängder i motbacke på rullskidor.

Engelsk tittel: Physiological comparison of diagonal stride and double poling with different pole lengths in uphill roller skiing.

Studieprogram: Kroppsøving, idrett og friluftsliv - bachelorfordypning, 30 studiepoeng, deltid Meråke

Emnekode og navn: KIF350 Bacheloroppgave



Vi/jeg samtykker i at oppgaven kan publiseres på internett i fulltekst i Brage, Nords' åpne arkiv



Vår/min oppgave inneholder taushetsbelagte opplysninger og må derfor ikke gjøres tilgjengelig for andre

Kan frigis fra: _____

Dato:

underskrift

underskrift

underskrift

underskrift

