

Bachelorgradsoppgave

Hvordan påvirker anaerob utmattelse evnen til kraftutvikling hos distanse og sprintspecialister på et nasjonalt nivå i langrenn?

How does anaerobic fatigue affect force development to distance and sprint specialists in cross country skiing on a national level?

Nils Magnus Bøen Grave

KIF 350

Bachelorgradsoppgave i

Kroppsøving og idrettsfag, faglærerutdanning og bachelorgradsstudium

2013



Avd Meråker
Lærerutdanning ¹

Sammendrag

Hvordan påvirker anaerob utmattelse evnen til kraftutvikling hos distanse og sprintspecialister på et nasjonalt nivå i langrenn? Bacheloroppgave HINT Nord-Trøndelag, avd Meråker. Hensikt: Å undersøke om anaerob utmattelse har noen påvirkning på kraftutviklingen i overkropp og bein, og om det er noen forskjeller på dette mellom distanseløpere og sprintspecialister på nasjonalt nivå i langrenn. Metode: fire mannlige distanseløpere (DL) og fire mannlige sprintspecialister (SS) på et nasjonalt nivå gjennomførte to prologer i G3 teknikk med økende hastighet på en rulle-skimølle, med påfølgende submaksimal styrke test på overkroppen og spenst test på beina. Resultat: Forsøket viste at sprintspecialistene opprettholdt hurtigheten (3,8%) i kraftutviklingen i overkroppen etter anaerob utmattelse, mens distanseløperne ble langsommere (-18 og -13,5 %). Sprintspecialistene var 31,4% og 28,6 % hurtigere i kroppshevingene enn distanseløperne etter anaerob utmattelse. Testen for beina viste ubetydelige endringer i kraftutvikling etter anaerob utmattelse, den viste kun at sprinterne klarte å utvikle jevnt over mer kraft enn distanseløperne (10,8% og 7,5%). Konklusjon: Dette forklares ved at spesialsprinterne har større anaerob kapasitet og er fysisk sterkere i overkropp og bein.

Nøkkelord

Langrenn, sprint, skøyting, kraftutvikling, anaerob utmattelse, laktat

Teori

Introduksjon

Langrenn har alltid vært en viktig del av nordisk historie, med funn av ski som stammer tilbake til 2000 f.kr i Norge. Langrennsski ble egentlig brukt til transport og som framkomstmiddel på snø, men spesielt de siste hundre årene har dette endret seg drastisk. I dag er langrenn en populær sport der de viktigste rennene blir overført til millioner av tv seere over hele verden. Langrenns konkurranser har alltid blitt ansett

for å være blant de mest krevende utholdenhetsidrettene og har vært på det Olympiske program siden de første Olympiske vinterleker i Chamonix, Frankrike i 1924 (Sandbakk et al. 2011).

Til å begynne med var langrenns konkurranser bare klassiske distanserenn for menn i enkeltstart, men fra midten av 1980 tallet har det blitt gjort flere store endringer.

Skøyteteknikk ble introdusert og deretter ulike konkurranseformer som jaktstart, fellesstart og sprint. I moderne langrenn må utøverne mestre konkurranser fra 1-90 km, gjennomført

som individuelle løp, fellesstart eller utslagningsheat. I tillegg blir konkurransene gjennomført i varierende løyper og terreng, og med varierende snøtyper og friksjon, noe som gjør at utøverne blir utfordret til å bruke ulike teknikktyper (Sandbakk et al. 2011).

Sprintlangrenn ble først introdusert på 1990 tallet som showrenn, men ble etterhvert akseptert som en egen disiplin og inkludert i verdenscupprogrammet. Det første verdensmesterskapet ble gjennomført i Lahti, Finland i 2001 og den første Olympiske konkurransen kom året etter i Salt Lake City, USA, 2002 (Sandbakk et al. 2011).

Siden oppstarten har det skjedd flere endringer, blandt annet med antall løpere kvalifisert til finaleheatene og antall løpere i hvert finaleheat.

I dag er moderne sprintlangrenn standardisert som fire separate løp på 1200-1800m, med en individuell kvalifisering først, og påfølgende heat med seks utøvere basert på et utslagningsystem. De 30 beste løperne kvalifiserer seg til finalene der de to beste fra hvert heat går direkte videre, og de to raskeste treerne totalt (basert på tid fra heatet) går også videre som «lucky losers» (FIS 2012).

Varigheten på pausen mellom kvalifiseringen og det første utslagningsheatet er normalt på 1-2 timer. Deretter er pausene omtrent 30 minutter mellom kvartfinale og semifinale, og

20 minutter mellom semifinale og finale(FIS 2012).

Fysiologiske aspekter

Distanselangrensløpere har målt noen av de høyeste maksimale oksygenopptakene(VO_{2max}) noensinne (Ingjer, 1991; Holmberg et al.2007). Så høye målinger er fortsatt ikke funnet blandt sprintløpere og høyt oksygenopptak er derfor lavere korrelert med prestasjoner i sprint (Stöggl et al. 2002, 2006). Stöggl (2006, 2007a, 2007b) hevder at sprintløpere bare trenger et visst nødvendig nivå av VO_{2max} foreslår at akselerasjon, maksimal hastighet og styrke er viktigst for prestasjon i sprint. På den andre side Sandbakk og Andersson (2010) viste at VO_{2max} er viktig for å kunne opprettholde hastigheten utover heatene i sprinten. Dette understøttes av Vesterinen (2009) som påpekte at anaerob kapasitet var av avgjørende betydning for resultatet i prologen og de første heatene, mens aerob kapasitet ble viktigere i de siste heatene. Studier (Vesterinen et al. 2009) viser at den aerobe energiomsetningen som kreves i distanselangrenn ikke samsvarer med sprintprestasjonen og kravene sprintlangrenn stiller. Men konkurranse tiden i sprint indikerer likevel at så mye som 70-80 % av energikravet blir dekket av den aerobe energiomsetningen (Gastin 2001). Vesterinen

(2009) har senere vist sammenheng mellom VO₂max og prestasjonen i sprint, og blir støttet av forskning gjort i lignende idretter som mellomdistanse løp, kajakk og roing med samme konkurransetid. (Brandon 1995, Michael et.al 2008, Secher 1993).

Anaerob kapasitet, defineres som den største mengde energi som kan frigjøres uten tilstrekkelig O₂ tilførsel (Frøyd et.al 2005). Forenklet ser formel slik ut: Glykogen-> Melkesyre + ATP (Frøyd et. al 2005). Melkesyre og laktat (La-) er produktet av glykolysen (Brooks 1985) og er et nedbrytningsprodukt som vanligvis blir omtalt som årsaken til utmattelse (Gjersest 2001, Myers and Ashley (2005), Gladden (2004), Brooks (1985) og Van Hall (1999) har derimot stilt spørsmål ved denne forståelsen av La- . De hevder imidlertid at det er konsentrasjonen av H⁺ ioner som hemmer muskelkontraksjonen ved at Ca⁺⁺ blir utkonkurrert av H⁺ på bindingspunktene troponin slik at aktin hemmes fra å danne kryssbroer med myosin (Fitts 2003), i tillegg til at PH senkes i muskel (Mayers & Ashley 1997) noe som også redusere evnen muskelen har til å utvikle kraft.

Evnen til produksjon av laktat i muskel vil være en begrensning for anaerob kapasitet (Nielsen 1990). Den anaerobe kapasiteten er i hovedsak begrenset av hastigheten og størrelsen på det glykolytiske apparatet, og evnen til å "tåle" og eliminere laktat(Nielsen 1990). Muskelmasse, transportaktiviteten av

La- og H⁺ - ioner over cellemembran og enzymaktivitet i muskelcellene er noen faktorer som innvirker på disse begrensningene (Nielsen 1990).

Flere studier viser viktigheten av overkropp for resultatet i langrenn. Smith (1989) regnet ut at hele 66% av bidraget i fartsretning kommer fra stavene, mens bare 34% fra skiene. Dette kan tyde på at overkroppsarbeidet i stavtaket er viktig med tanke på å øke hastigheten. Street (1989) fant i en liknende studie på rulleski at rundt 50% av de gjennomsnittlige kreftene som virker i fartsretningen kommer fra stavene. Begge disse studiene ble gjort i G2 (padling) teknikk i skøyting.

Zory (2009) simulerte en klassisk sprintkonkurranse der han så på utmattelse i staketeknikk. Han fant ut at heattidene holdt seg stabile gjennom konkurransen, mens slutfarten de siste 100m ble signifikant lavere i det tredje heatet sammenliknet med det første. Dette satt han i sammenheng med utmattelse i overkroppen.

I og med at dette er en skøyte test, er det i tillegg interessant og se hvordan anaerob utmattelse påvirker kraftutviklingen i beina. I og med at den resterende kraftutviklingen i forhold til nevnt fordeling ovenfor kommer fra beina.

Teknikk

Sprintlagrenn utfordrer utøverne til å mestre de ulike teknikkene og tilpasse disse til ulik fart og terreng. Skøyteknikk har hovedsakelig fem forskjellige teknikker som utøverne skifter på, kjent som gir (G1-5) (Nilsson et al. 2004a). De laveste girene blir brukt i motbakke, mens de høyeste girene blir brukt i lettere terreng med høyere hastighet.

Sandbakk et al. (2012) hevder at det er G3 (dobbeldans) teknikken som blir mest brukt i internasjonale sprintkonkurranser. G3 teknikken blir brukt i småkuppert terreng, middels bratt stigning, og mot slutten av en konkurranse i en såkalt spurt. Et G3 tak involverer et stavtak synkront sammen med hvert beinfraspark.

Problemstilling

Hvordan påvirker anaerob utmattelse evnen til kraftutvikling hos distanse og sprintspecialister på et nasjonalt nivå i langrenn?

Metode

Forsøkspersoner

Åtte langrennsløpere deltok frivillig i denne testen. De hadde ulike fis-punkter når det

gjaldt sprint og distanse. Den beste hadde 11,96 punkter og den dårligste 153.

Halvparten av gruppa ble karakterisert som spesialsprintere(SS) og andre halvparten som distanseløpere(DL).

Begge grupper bestod av norske skiløpere som konkurrerer på nasjonalt nivå (Norges Cup) med resultater fra 1 – 50 plass. De beste løperne i begge grupper har også deltatt på internasjonalt nivå (World Cup)(se tabell 1).

Tabell 1: oversikt over alder og vekt, samt prestasjonsnivå på distanseløperne(DL) og sprinterne(fis-pkt).

Variabler	DL(n=4)	SS(n=4)
Alder(år)	22	21
Vekt(kg)	74,7*	81,8
Fis-pkt sprint	114,14**	86,43
Fis-pkt distanse	60,34	78,06

*signifikante gruppeforskjeller, $p < 0,05$

**signifikante gruppeforskjeller, $p < 0,10$

Generell utforming

For å teste topphastighet (V_{peak}) og oppnå anaerob utmattelse ble det brukt en skøytesprint rulleskitest på tredemølle. For å måle kraftutvikling i overkropp ble det brukt en submaksimal styrketest. Rulleskitesten ble utført på tredemølle der utøverne ble testet i maksimal hastighet i G3 teknikk (Nilsson et al.

2004). Denne teknikken blir også referert til som V2 skøyting (Boulay et al. 1994). Den har et symmetrisk stavgang synkront til hvert beinspark og blir ofte brukt i høy fart i motbakker og spurt mot slutten av et løp. Den submaksimale styrketesten ble utført som en kroppshevingstest der utøveren skulle ta maksimalt antall kroppshevninger på kortest mulig tid helt til utmattelse. Kraftutviklingen i beina ble målt ved hjelp av en spensttest, hvor utøveren gjennomførte 5 spenst hopp rett opp, og høyden ble målt ved hjelp av et målebånd.

Instrumenter og utstyr

Puls ble målt med Polar RS800CX pulsklokke med tilhørende pulsbelte (Polar Electro OY, Kempele, Finland). Laktatkonsentrasjonen ble målt med en Lactate Scout+ (EKF Diagnostics, Barleben, Tyskland) validert av NN(ref 2009) som ble kalibrert før hver testperson. Rulleskitesten ble utført på en Rodby RL3500E (Rodby Innovation AB, Sverige) rullerulleskimmølle som består av en sklisikker gummioverflate som tillot utøverne å benytte egne staver med spesielle trinser. For å minimere variasjonene i rullemotstand brukte utøverne det samme rullerulleskiparret, Swenor (Sport Import AS, Sarpsborg, Norge) kortstamme med standard to'er gummihjul, som i tillegg ble varmet opp i 6 min før hver test. Den submaksimale styrketesten ble gjennomført som kroppshevninger på en metallstang med diameter 3 cm, der en 10 kg vektskive ble bundet fast i et belte rundt livet.

Kroppshevningene ble filmet av et Sony HDR-SR10E (Sony Inc., Tokyo, Japan) videokamera og analysert ved hjelp av DartFish ProSuite 4.5 (DartFish Ltd., Fribourg, Sveits).

Testprosedyre og målinger

Samtlige tester ble gjennomført individuelt uten at utøverne fikk vite hva andre hadde testet før dem.

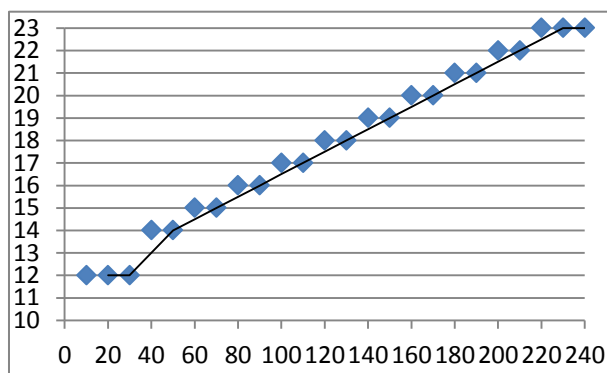
Utøverne gjennomførte den submaksimale styrketesten med minimum 24 timer pause til selve testen, for å sette maksverdien. På testdagen gjennomførte utøverne først en individuell oppvarming på 20 minutter, og deretter var det en standardisert inngåing på mølla i seks minutter, på 10km/t. Siste minuttet gikk utøveren på 12km/t som var startfarten på selve testen. Testen startet med å gå en prologtest (P1) på rullerulleskimmølla og så spenst test og den submaksimale styrketesten innen to minutter etter testen (ikke før pga praktiske årsaker). Deretter hadde utøveren 30 min aktiv pause før en ny prolog (P2) og submaksimal styrke test ble utført identisk på nytt. Pausen var standardisert for at ikke utøverne skulle ha ulik restitusjon mellom prologene.

Laktattestene ble tatt rett etter begge prologene, men før spensttesten og den submaksimale styrketesten. Pulsen ble målt som høyeste verdi i løpet av prologen.

Skøytesprint rullerulleskimmølle

Den maksimale hastighet på tredemølle ble testet i G3 teknikk (Nilsson et al. 2004a), med en gradvis økning av fart helt til utmattelse. Stigningen var konstant 8%.

Testen startet på middels intensitet (12 km/t) og ble etter 30 sek økt med 2 km/t (14 km/t), for så å øke med 1 km/t hvert 20 sek opp til maksimalt 23 km/t. Deretter gikk utøveren til utmattelse(se figur 1).



Figur 1: viser økning i fart(km/t) i forhold til tid(sek)

Submaksimal styrketest

Kraftutvikling i overkroppen ble målt ved at utøveren tok kroppshevinger i metallstang med overtak. Utøveren hadde 10 kg ekstra vekt rundt livet og skulle ta flest mulig antall kroppshevinger på kortest mulig tid. En godkjent kroppsheving innebar at utøveren måtte starte bevegelsen med ekstensert albueledd for så å løfte seg opp og ha haken over stanga. En syklus begynner i det albueleddet er ekstensert og kraftimpulsen starter, og avsluttes etter at haken har vært over stanga. Effekten ble målt ved å analysere

tida på den første halvparten av kroppshevingene (f.eks hvis utøveren tok 10 kroppshevinger ble de 5 første analysert). Dette for å minimere feilkilder ved at utøveren kom ut av rytme, tok pauser eller liknende, noe som hadde en tendens til å skje mot slutten av seriene.

For at ikke styrketesten som målte maksverdien skulle påvirke resultatene ble den gjennomført med ca 24 timer mellomrom til hoved testen.

Spensttest

Kraftutvikling i beina ble målt ved å gjennomføre fem spensthopp. For å måle kraftutviklingen ble det festet et målebånd til en sele utøveren hadde på seg. Målebåndet låg på bakken under en planke. Båndet ble strammet under planken, og lengden på stramt bånd ble målt. Utøveren stod med strake bein. Båndet ble strammet mellom hvert hopp. Deretter ble det målt hvor høyt utøveren hoppet ved å trekke utgangslengden på båndet fra sluttlengden etter gjennomført hopp. Lengden på alle fem hoppene ble så lagt sammen, og utgjorde resultatet. Maks testen ble gjennomført rett før selve testen, i og med at den ikke var særlig utmattende. Deretter

ble spenst testen gjennomført rett etter hver prolog.

Statistikk og databehandling

Alle dataene i samtlige tester ble sjekket for normalitet og behandlet i Microsoft Office 2010 Excel (Microsoft, Washington, USA) på

en Asus X53S (ASUSTEK Computer Inc., Taipei, Taiwan) bærbar datamaskin. Sammenligninger mellom gruppene ble analysert ved hjelp av en uavhengig t-test prosedyre. Statistisk signifikant ble satt til å være $P < 0,10$ på alle verdier.

Resultat

Analyse av skøytesprint på tredemølle

Resultatene av skøytesprint-testen viser at begge grupper presterte best ved andre gangs gjennomføring, men at SS gikk henholdsvis 4 sek og 5 sek fortere i prologene. SS hadde også 1 sek bedre forbedring i P2 sammenliknet med DL. gjennomsnittstopphastigheten var 21 km/t for DL og 21,25km/t for SS(se tabell 2).

	Topp hastighet		Topp hastighet i		Forbedring
	P1 Tid	i km/t	P2 tid	km/t	i sek
DL	03.06	21	03.08	21,5	2
SS	03.10	21,25	03.13	21,75	3
Differanse	4		5		1
i sek					

Tabell 2: Oversikt over gjennomsnittlig prologtid, topphastighet, tidsdifferanse og tidsforbedring mellom gruppene.

Resultatene fra puls og laktattestene viser at DL hadde nedgang i puls fra P1 til P2(93%-92%), i motsetning til SS som hadde samme puls. SS produserte 36,7%($p < 0,05$) mer laktat etter P1 og 28,9%($p < 0,05$) mer etter P2 sammenliknet med DL. Dette er en signifikant forskjell. Begge grupper hadde en økning i laktat fra P1 til P2(DL 24,6% og SS 15,4%). Resultatene viser at utøverne i begge grupper ble utmattet av testen.

	Puls P1	Puls P2	Laktat P1	Laktat P2	Differanse Laktat mellom P1 og P2
DL	93	92	9,05	12	24,6
SS	95	95	14,3	16,9	15,4
Differanse %			36,7*	28,9*	

Tabell 3: Oversikt over puls og laktatverdier, samt økning i % fra P1 til P2 og differanse i % mellom gruppene.

Analyse av submaksimal styrketest

Resultatene viser at begge grupper har nedgang i antall kroppshevninger fra maks test til P1 (DL -22% og SS -23,5%). (se tabell 4). SS tok 8,5% flere kroppshevninger i maks test, 6,5% flere etter P1 og 3,1% flere etter P2 sammenliknet med DL (se tabell 4).

Ingen av endringene mellom gruppene var signifikante.

	Antall maks	Antall P1	Antall P2
DL	11	8,6	7,75
SS	12	9,2	8
Differanse %	8,5	6,5	3,1

Tabell 4: Oversikt over gjennomsnittlig antall kroppshevninger pr gruppe med prosentvis differanse.

Resultater av hastigheten på kroppshevningene viser at SS er hurtigere på makstest (6%), etter P1 (21%) og etter P2 (16,5%) sammenliknet med DL. De viser også at DL fra makstest til P1 blir langsommere (-15,8%), mens SS er like hurtige. Men fra P1 til P2 blir DL hurtigere (5,3%), mens SS er like hurtige (se tabell 5).

Resultatene viser at DL og SS ikke er signifikante på makstesten, mens de er signifikante etter P1 og P2 ($p < 0.05$).

	Effekt maks	Effekt P1	Effekt P2
DL	160	190	180
SS	150	150	150
Differanse %	6	21*	16,5*

Tabell 5: oversikt over hastighet per kroppsheving målt i hundredeler.

Analyse av spenst test

Resultatene viser at SS utvikler mer kraft både under maks test(9,8%), under P1(10,8%) og under P2 (7,5%) sammenlignet med DL. DL har et lite dropp i kraftutvikling fra maks test til P1(-2%), men steg igjen til P2 i forhold til maks test(1,8%). SS har en liten stigning hele veien(0,4% P1 og 0,8% P2).

	Squat jump maks	Squat jump P1	Squat jump P2	Differanse % fra maks – P1	Differanse % fra maks – P2
DL	218	214	222	-2	1,8%
SS	239	240	241	0,4	0,8
Differanse %	9,8	10,8	7,5		

Tabell 6: Oversikt over gjennomsnittlig samlet høyde i spensttest målt i cm. Samt økning/nedgang i % fra maks test til P1 og fra maks test til P2. I tillegg til differansen i % mellom gruppene.

Diskusjon

Hensikten med denne studien var å finne ut om anaerob utmattelse har noen påvirkning for evnen til å skape kraft i overkroppen og i beina, og om det er forskjeller på dette mellom distanseløpere (DL) og sprintspesialister (SS).

Hovedfunnet i denne undersøkelsen var at sprintspesialister (SS) på nasjonalt nivå gjennomfører kroppshevinger like raskt etter anaerob utmattelse (tabell 5), mens distanseløpere (DL) blir langsommere (-15,8 til -11,2%). SS gjennomførte kroppshevingene hurtigere (21% P1 og 16,5% P2) enn DL etter

anaerob utmattelse på rulleski motbakke i dobbeldans (G3 teknikk). Dette skyldes at de er sterkere eller bedre anaerobt trent. Den økte muskelstyrken kan skyldes større muskelvolum, at flere motoriske enheter innerveres og større hastighet på nervesignalene. Bedret nervøse faktorer er en vanlig forklaringsmodell ved økt hastighet på muskelkontraksjon. Vi har ingen målinger på dette, vi har heller ikke målt muskelvolum, men SS var signifikant ($p < 0.05$) tyngre enn DL. Det er ingen indikatorer på at det er fettprosent eller beinmasse som utgjør denne forskjellen. Det tyder på at SS har grovere muskelfibre og flere bindingspunkter mellom

aktin og myosin, noe som gjør dem mer eksplosive, selv etter utmattelse. SS har sannsynligvis også flere type IIa og IIx muskelfibre som gjør dem mer eksplosive og mindre utholdende. Dette kan være bakgrunn for at de er sprintspesialister og ikke distanseløpere.

I tillegg har SS normalt en større anaerob kapasitet som gjør dem i stand til å opprettholde kraftutvikling til tross for utmattelse. Dette støttes av forskning gjort av flere forskere (Sandbakk 2010, Stöggl, 2006, 2007a, 2007b).

Undersøkelsens andre funn var at både DL og SS hadde en reduksjon i antall kroppshevinger fra makstest til P1, og i fra P1 til P2, men SS hadde en litt større reduksjon enn DL.

Disse endringene var ikke statistisk signifikante.

Årsaken til dette er at DL er bedre utholdenhetstrener (høyere VO₂max) enn SS, og har sannsynligvis bedre utviklede perifere faktorer i musklene, blant annet kapillærtetthet, antall mitokondrier i muskelcellene og aerobe enzymer. Noe som kan forklare at de i større grad klarer og opprettholde antall repetisjoner til tross for utmattelse. DL har også et større antall type I muskelfibre som gjør dem mindre eksplosive og mer utholdende. Dette underbygger hvorfor DL blir langsommere i muskelkontraksjon i overkroppen etter P1 og P2, men likevel øker antallet kroppshevinger

etter P2. Vi kan heller ikke utelukke effekten av mentale faktorer selv om vi ikke i denne undersøkelsen har målt dette.

Det tredje funnet var at SS produserte mer laktat (36,7% P1($p < 0,10$) og 28,9% P2($p < 0,10$)) enn DL etter både P1 og P2. Dette er en signifikant forskjell. Begge grupper hadde en laktatøkning fra P1 til P2 (SS 24,6% og DL 15,4%).

Disse ulikhetene skyldes trolig at SS er mer vant til å jobbe anaerobt og dermed flinkere til å produsere laktat og nyttiggjøre seg av dette uten negativ påvirkning av prestasjon. Siden SS har en større muskelmasse og derved sannsynligvis også mer type II fibre som har bedre egenskaper til å produsere laktat enn type I fibre kan dette forklare laktatforskjeller mellom de to gruppene. Det kan heller ikke utelukkes at laktatforskjellen skyldes forskjeller i blodvolum. En vanlig respons på utholdenhetstrening er økt blodvolum slik at om DL har høyere blodvolum enn SS kan forskjellen forklares med dette. Det kreves likevel mer blod ved større muskelmasse, og anaerob trening som SS bedriver er et kraftig stimuli til økt blodvolum, noe som gjør at det ikke kan utelukkes at også SS har høyt blodvolum. Forskjeller i laktat kan dermed likevel ikke forklares med blodvolums forskjeller.

Anaerob trening som SS kjører, bedrer de anaerobe prosessene for å levere energi til bevegelse. Spesielt bedres enzymaktiviteten

og mengden LDH som er sentral i omsetningen av glykogen til melkesyre. Dette er i samsvar med teorien til Saltin (1988,1990).

Fjerde funn viser at SS går 4 og 5 sek fortere i P1 og P2 sammenliknet med DL. SS hadde også 1 sek bedre forbedring i P2 sammenliknet med DL. Disse forskjellene er ikke statistisk signifikante, men de 4 – 5 sekundene raskere tid i en sprintprolog på snø er ofte det som skiller de 30 beste utøverne i en norgescup. Denne differansen viser forskjellene i nivået mellom gruppene og hvorfor SS har signifikant ($p < 0.10$) lavere FIS poeng enn DL.

Et siste funn var at begge gruppene klarte å opprettholde kraftutviklingen i beina etter både P1 og P2, med unntak av DL etter P1, hvor det ble observert en liten nedgang (-2%). Dette kan ha vært på grunn av at DL bruker lengre tid på å få i gang den anaerobe energiomsetningen, i og med at det var en framgang og se i P2.

Resultatene våre viser at SS har signifikant ($p < 0.05$) bedre overkroppsstyrke, 21% bedre enn DL etter P1 og 16,5% etter P2. De hadde og høyere andel anaerob energiomsetning for å gjøre den samme jobben som DL på deres toppfart i G3 teknikk i 8% motbakke. SS produserte mer laktat enn DL (36,7% P1 og 28,9% P2). Vi fant ingen forskjeller mellom gruppene gjennomsnittlige topphastighet (V_{peak}) (21km/t). Resultatene våre underbygger tidligere forskning som er gjort

på området (Sandbakk 2010, Stöggl 2006, 2007a, 2007b, Vestrinnen 2009) som viser at disse faktorene sammen med akselerasjon er viktigst for prestasjon i sprintprolog.

Selve rullerkitesten ble relativt lik en prolog på vinteren, med tanke på lengde på drag, laktatverdier og puls. Hangups testen korrelerer også bra med tanke på overkroppsarbeidet i dobbeldans, og det ble observert forventet utfall. Det ble ikke gjennomført noen effekt test, som vi hadde i hangups, av beina. Kan settes spørsmåltegn ved den delen av testen, hvor en kunne ha utarbeidet en test for beina som ble mer korrekt, og viste større tegn på anaerob utmattelse. En grunn til at vi ikke fant noen særlige forskjeller i toppfart, kan ha vært at tiden på hver fart var litt i overkant, slik at utøveren stivnet før maksfarten (23km/t) var nådd. Men med tanke på graden av utmattelse, og varighet i forhold til vinter, var det tilnærmet optimalt.

Konklusjon

Denne studien viste at sprintspecialister klarer å opprettholde hurtigheten i muskelkontraksjon i overkroppen etter anaerob utmattelse, mens distanseløpere blir langsommere. Hos sprinterne var kraftutviklingen i beina større etter både maks test og prologer, men forskjellene innad i gruppene etter anaerob utmattelse var ikke nevneverdige. Disse tingene forklares hovedsakelig av at spesialsprinterne har større

anaerob kapasitet og er fysisk sterkere i overkroppen, og i beina.

Praktisk konsekvens

Denne testen viser at sprintrelatert trening er med på å løfte prestasjonen i sprint. For å bli god i sprint må en trene på kravene som stilles i denne konkurranseformen. Disse er kraft,

akselerasjon, anaerob energifrigjøring m.m.

«Allround» løpere vil dermed etter hvert bli akterutseilt i sprint, dersom de ikke legger inn mer spesialtrening.

Referanseliste

Andersson E, Supej M, Sandbakk Ø, Sperlich B, Stöggl T, Holmberg H-C (2010). Analysis of sprint cross country skiing using a differential global navigation satellite system. Eur J Appl Physiol. doi10.1007/s00421-010-1535-2 Epub

Brandon LJ (1995) Physiological factors associated with middle distance running performance. Sports Med 19(4):268-77

Brooks, G.A. 1985. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. Medicine and Science in Sport and Exercise, 17 (1), 22-34.

FIS (2012) International Ski Federation. Tilgjengelig på <http://www.fis-ski.com>

Fitts, R. H. Effects of regular exercise training on skeletal muscle contractile function. 2003. Am. J. Med. Rehabil., 82:320-330.

Frøyd, C. Utholdenhet - trening som gir resultater (2005)

Gastin PB (2001) Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. Sports Med 31(10):725-41

Gjerset A, Haugen K, Holmstad P, Treningslære (2006) Gyldendal

Gladden LB (2004). J Physiol 558, 5–30

Ingjer F (1991) Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in woman and man elite cross-country skiers. Scand Med Sport Exerc 1(1):25-30

Michael JS, Rooney KB, Smith R (2008) The metabolic demands of kayaking. A review. *J Sports Sci Med* 7(1):1-7

Myers J, Ashley E. (1997) Dangerous curves. A perspective on exercise, lactate, and the anaerobic threshold. *PubMed Mar*;111(3):787-95

Nielsen B, Savard G, Richter E A, Hargreaves M, Saltin B (1990). Muscle blood flow and muscle metabolism during exercise and heat stress. *Journal of Applied Physiology* 69, 1040-1046

Nilsson J, Tveit P, Eikrehagen O (2004a) Effects of speed on temporal patterns in classical style and freestyle cross-country skiing. *Sports Biomech* 3(1):85-107

Rusko H, Cross country skiing(2003) Blackwell Science Ltd.

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, physiological and biomechanical aspects of sprint skiing Study IV, NTNU

Secher NH (1993) physiological and biomechanical aspects of rowing. Implications for training. *Sports Med* 15(1):24-42

Smith, G.A: The effect of velocity and grade on the kinematics and kinetics of V1 skating in cross-country skiing. Unpublished doctoral dissertation, The Pennsylvania state university, University Park, PA, 1989

Street, G. M: Kinetic analysis of the V1 skate technique during rollerskating. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1989.

Stöggl, T., Lindinger, S, ;Müller, E., Ring, S. Testkonsepter for langrenn spesifikk styrke og muskulær utholdenhet I overkroppen, I: Abstracts - Plattform 2002, Østerriksk Sports Scientific Organisation (OSG)

Stöggl, T, Lindinger S, & Müller E, (2007a) Analysis of a simulated sprint competition in classical cross country skiing. *Scandinavian journal of medicine and science in sports and exercise*.

Stöggl, T, Lindinger S, & Müller E, (2007b) Evaluation of an upper-body strength test for the cross-country skiing at maximal speed. *Med Sci Sports Exerc* 41 (7):1476-87

Van Hall, G. Lactate as a fuel for mitochondrial respiration. *Acta physiologica*, 1999.

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

Zory R, Vuillerme N, Pellegrini B, Schena F, Rouard A (2009) Effect of fatigue on double pole kinematics in sprint cross-country skiing. *Hum Mov Sci* 28(1):85-98

