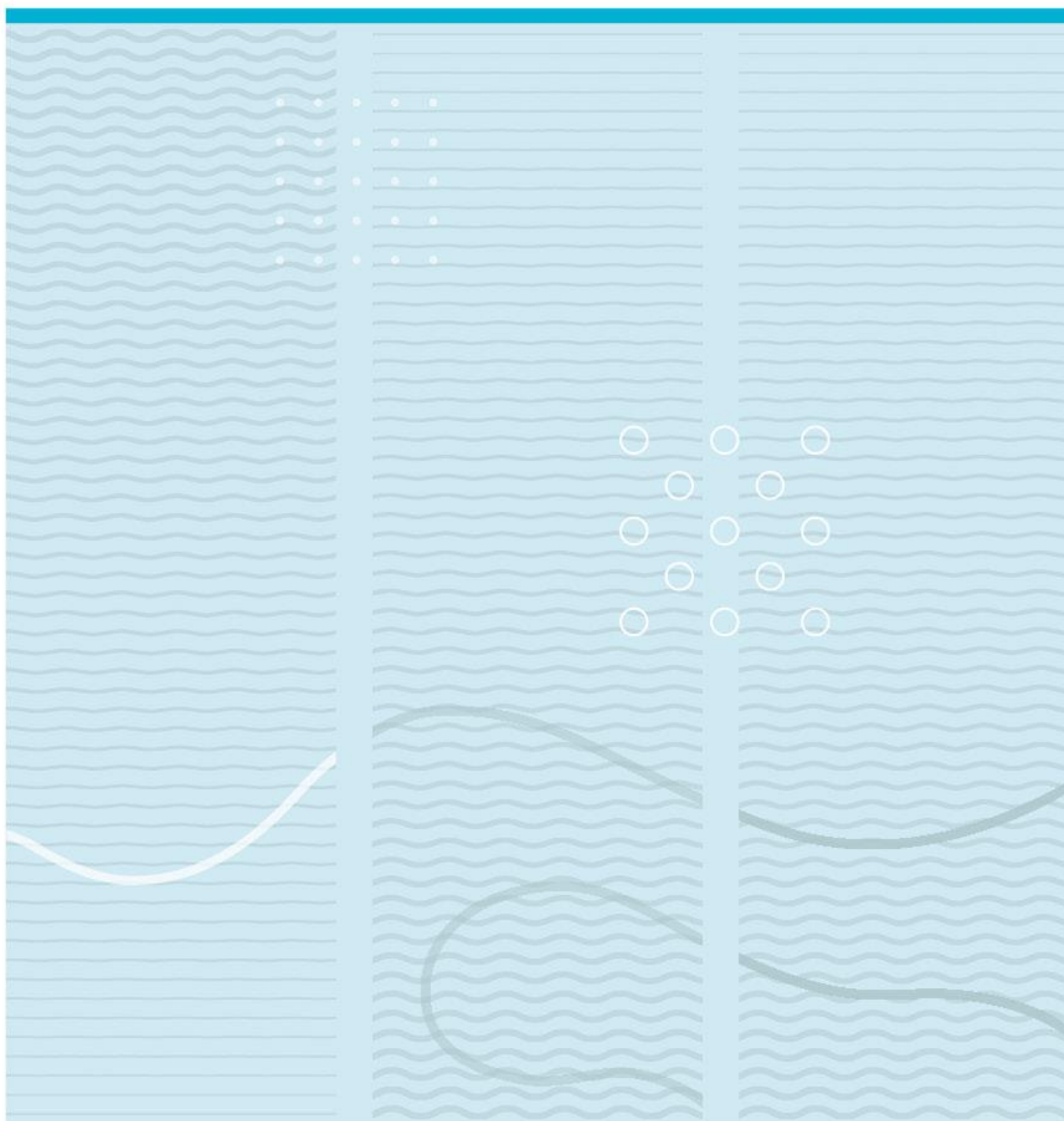


Torbjørn Remmen

Sammenhengen mellom akselerasjonsfase, prestasjon 3000 meter, styrke i overkropp og evne til gjentatte sprinter i fristil langrenn



Universitet i Sørøst-Norge
Fakultet for humaniora, idretts- og utdanningsvitenskap
Institutt for idrett, kroppsøving og friluftsliv
Postboks 235
3603 Kongsberg

<http://www.usn.no>

© 2022 Torbjørn Remmen

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

Sammendrag

Formålet for dette studiet var å sammenligne fysiologiske faktorene som; maksimal styrke, VO_{2max} , arbeidsøkonomi og antropometriske forskjeller med akselerasjonsfasen, maksimal hastighet og den totale hurtighetsprestasjon i fristil langrenn. **Metode:** fire mannlige og to kvinnelige juniorutøvere, som alle konkurrerte aktivt i langrenn. Det ble gjennomført datainnsamlinger i antropometriske variabler som kroppshøyde, kroppsvekt og *body mass index* (BMI). De ble også testet i 3000 meter løping på bane. Utvalget ble også testet i *repetisjon maksimum* 1 RM i nedtrekk og benkpress for å estimere maksimal styrke i overkropp. Det ble også gjennomført repeterte 70-meterssprint i fristil langrenn rulleski, med fire målinger underveis på henholdsvis 5, 10, 30, 50 meter. *Fatigue* ble i studiet estimert til snittet av de to siste sprintene minus snittet av de to første. **Resultat:** De enkeltvariabelene som korrelerte best med hurtighetsprestasjonen var 1 RM benkpress og 1 RM nedtrekk. Sammenhengen mellom 1 RM benkpress og gjennomsnittet av 70 meter sprint var ($r = -0.97, p < 0.01, SEE = 4.1\%$) (fig. 4). Sammenhengen mellom 1 RM benkpress og gjennomsnittets prestasjon av akselerasjonsfasene (5m) var ($r = -0.84, p < 0.05, SEE = 9.2\%$). Sammenhengen mellom 1 RM benkpress og gjennomsnittets prestasjon av akselerasjonsfasene (10m) var ($r = -0.92, p < 0.01, SEE = 6.6\%$). Sammenhengen mellom 1 RM nedtrekk og 70 meter sprint var ($r = -0.95, p < 0.01, SEE = 5.5\%$) (fig. 5). Sammenhengen mellom 1 RM nedtrekk og prestasjon av akselerasjonsfasene (5m) var ($r = -0.85, p < 0.05, SEE = 9.6\%$). Sammenhengen mellom 1 RM nedtrekk og prestasjon av akselerasjonsfasene (10m) var ($r = -0.95, p < 0.01, SEE = 7.0\%$). **Konklusjon:** De maksimale styrkevariablene (1 RM benkpress og 1 RM nedtrekk) korrelerte signifikant med hurtighetsprestasjon (70 meter) fristil rulleski. De maksimale styrkevariablene korrelerte sterkt med akselerasjonsfasen av hurtighetsdragene. Det ble også påvist en sterk sammenheng i hurtighetsprestasjonen og prestasjonene målt i akselerasjonsfasen.

Forord

Jeg har lært veldig mye under arbeidet med denne masteroppgaven. Prosessen har først og fremst vært lærerik og den har gitt meg en bedre forståelse av teorien, men også praktiske erfaringer i form av hvor mange faktorer som påvirker en datainnsamling. Jeg har også fått erfaringer ved bruk av måleverktøy som Musclelab sine trådløse sensorer og dataprogramvarer.

Takk til Skarphedin IL som ga meg muligheten til å bruke deres lokaler i innsamlingen av datamaterialene. Jeg vil også rette en takk til Stig Leirdal, som gjorde meg observant på forskningen som Bond et al. (2018) hadde gjennomført på ishockeyspillere. Dette bevisstgjorde meg om at det var forsket lite på relasjonen akselerasjonsfase rettet mot hurtighetsprestasjon.

En spesielt stor takk til Ralph Høksaas og Arnstein Sunde som til tross for en krevende covid-situasjon i kommunen, klarte å mobilisere med utstyr, utøvere og gode reserveløsninger!²

Innholdsfortegnelse

1. Teori	6
Tradisjonelt langrenn:	6
Moderne langrenn:	6
Fysiologiske faktorer for hurtighetsprestasjon langrenn:	7
1.3.1. VO_{2max}	7
1.3.2. Maksimal styrke	10
1.3.3. Antropometri	12
1.3.4. Arbeidsøkonomi og underteknikker	13
1.3.5. Laktat og Fatigue	16
Akselerasjon vs. Sluttresultat	17
Problemstilling	18
Avgrensninger	19
2. Metode	19
2.1 Metodiske tilnærminger	19
2.2 Utvalget	20
2.3 Antropometrisk data	20
2.4 Dag 1: Hurtighet rulleski	21
2.5 Dag 2: 3000 meter	22
2.6 Dag 2: Maksimal styrke 1 RM nedtrekk	22
2.7 Dag 2: Maksimal styrke 1 RM benkpress	23
2.8 Statistiske analyser	24
3. Resultater	25
4. Diskusjon	28
4.1 Relasjonen mellom maksimal styrke og hurtighetsprestasjon	29
4.2 Relasjonen mellom prestasjon 3000 meter og fatigue	31
4.3 Relasjonen mellom akselerasjonsfasen og hurtighetsprestasjon	34
4.4 Metodiske betraktninger	35
4.5 Praktiske implikasjoner	37
4.6 Framtidig forskning	37
4.7 Konklusjon	38
5. Litteratur	39
Vedlegg 1:	47

1. Teori

Tradisjonelt langrenn:

Langrenn defineres som en idrett under sjangeren aerobe utholdenhetsidretter. Grunnen til dette er hovedsakelig at konkurransene i langrenn varierer fra 25min (10km) til over to timer (50km+) i distanselangrenn, der det hovedsakelig dreier seg om aerobt arbeid (Sandbakk & Tønnessen, 2012). Langrenn blir delt inn i to teknikker; klassisk og skøyting, disse teknikkene er igjen sammensatt av flere underliggende teknikker og bevegelsesmønstre. De underliggende teknikkene blir valgt ut fra hastighet og bevegelsesretning, de kan også tolkes som et girsystem (Pellegrini et al., 2013). En langrennsløype som er godkjent til internasjonale standarder må inneholde sirka en tredjedel motbakker, en tredjedel flater og en tredjedel nedoverbakker (FiS, 2019). Det regnes med at om lag halve konkurransesiden foregår i stigningspartier (Sandbakk et al., 2011). I langrennskurranser foregår sirka 85 % av arbeidet, gjennom aerobe prosesser (Vesterinen et al., 2009)

Moderne langrenn:

Da sprint og fellesstart ble innført i midten av 1990-tallet, medførte det nye måter å avgjøre skirenn på. Rykk og spurtoppgjør under fellesstartkonkurransene ble hyppigere en realitet. Disse endringene ga nye og høyere krav til hurtighet, styrke, teknikk og andre anaerobe ferdigheter (Losnegaard et al, 2011; Stöggl et al., 2015, Alsobrook et al., 2009). Sprint i langrenn begynner med en sprintprolog, der utøverne kvalifiserer seg på tid, videre til tre utslagsgivende heat (Mikkola et al. 2010). Det har enda ikke blitt gjennomført datainnsamlinger av en reel konkurranse, dette grunnet praktiske årsaker. Det har likevel blitt gjennomført analyser og datainnsamlinger av simulerte sprintkonkurranser både på rullski inne og ute, (Stöggl et al. 2008; Sandbakk, 2011; Leirdal, 2011; Vesterinen et al., 2009) samt ski på snø (Andersson et al. 2010; Zory et al. 2006).

Det kreves et visst nivå av styrke får å prestere i sprintlangrenn, særlig skispesifikk styrke (Hébert-Losier et al., 2017; Sandbakk et al., 2010; Alsobrook et al., 2009). Evnen til å holdet ut gjennom alle heatene i sprintkonkurransene er også sentralt, dette er en av de mest sentrale skillene fra nasjonale til internasjonale langrennsløpere (Hébert-Losier et al., 2017). Sprintlangrenn er bevist å være en krevende og kompleks gren, hvor det stilles høye krav til de sterkeste utøverne i egenskaper som; psyke, antropometriske ferdigheter og til nevromuskulære egenskaper for å oppnå suksess (Hébert-Losier et al., 2017). Sprint og fellesstart utfordret utøvernes evne til i større grad å løse taktiske vurderinger undervis i løpene. Eksempler på dette

er blant annet når utøverne var tjent med å ligge bak i feltet og spare krefter til et senere rykk eller spurtoppgjør. De utøverne som ikke hadde disse anaerobe ferdighetene måtte ofte prøve å slite ut de andre ved å gå i et høyt terskeltempo over lang tid (Sandbakk & Tønnesen, 2012; Sandbakk & Holmberg, 2014). Langrennssporten tok dermed et steg mot sykkelens konkurransformer gjennom fellesstart, sprint og langløp. I langløpene ble det også blant annet tilført innlagte spurtpremier underveis i konkurransene (Sagelv et al., 2018).

Fysiologiske faktorer for hurtighetsprestasjon langrenn:

1.3.1. VO_{2max}

Langrenn stiller et stort krav til utholdenhet i varierende terreng der hele kroppen er i arbeid, derfor er det behov for et høyt maksimalt oksygenopptak (Holmberg, 2009). Langrenn regnes som en av de idrettene som stiller høyest krav til utøvers anaerobe utholdenhet, sportens utøvere er godt representert blant de høyeste VO_{2max} -målingene gjort på mennesker gjennom tidene (Sandbakk & Holmberg, 2017; Bassett & Howey, 2000).

Det maksimale oksygenopptaket beskrives som individets maksimale evne til å utnytte oksygenet i energifrigjøringen i cellene (McArdle et al., 2010; Katch et al., 2014). Prosessen starter med at oksygenet fraktes gjennom inhalering av luft, der skjer det en fisjon som fører til at det trekkes ned «fersk» oksygen fra luften til lungene (McArdle et al., 2010; Katch et al., 2014). Oksygenet fraktes videre til blodet gjennom *alveoler* i lungene (fisjon mellom CO_2 - og O_2 -nivået i lungene og blodet), der det så fester seg på proteinet hemoglobin (McArdle et al., 2010; Katch et al., 2014). Blodet pumpes videre gjennom blodkretsløpet der det når muskelcellene ved hjelp av myoglobin (McArdle et al., 2010; Katch et al., 2014). I cellene brukes oksygenet videre til aerobe energifrigjøringsprosesser, der karbondioksid er et av biproduktene som dannes (Katch et al., 2014). Karbondioksidet fraktes tilbake gjennom blodet ved hjelp av proteiner som for eksempel hemoglobin (Katch et al., 2014). Til slutt når karbondioksidet lungene via alveolene der det ender i en tømning (fisjon) av CO_2 gjennom ekshalering (Katch et al., 2014).

For å estimere det maksimale oksygenopptaket gjennomføres en VO_{2max} -test, testen gjennomføres med en maske som dekker munn og nese (Katch et al., 2014). Masken er tilkoblet en slange som er koblet til en kalibrert oksygentank, i slangen er det også elektroder som registrerer differansen oksygen på inn- og utpust (Katch et al., 2014). For å regne ut det

maksimale oksygenopptaket ganger man minuttvolumet ($\frac{\text{ml blod}}{\text{hjertefrekvens}} * \frac{\text{hjertefrekvens}}{\text{min}}$) med den absolutte VO_2 ($\text{mL O}_2 / \text{min}$) (McArdle et al., 2010; Katch et al., 2014). Siden slagvolumet og mengden mL O_2 varierer mye med kroppsvekt, oppgis det maksimale oksygenopptaket oftest i formen *relativ VO_2* : $((\text{mL O}_2 / \text{min}) / (\text{kg}))$ (McArdle et al., 2010; Katch et al., 2014). Et høyt maksimalt oksygenopptak er også et godt estimat forbundet med god helse og fysisk form, mye grunnet kostnader og krevende testing er BMI foretrukket som verktøy for å beskrive folkehelse (Brattli & Leirdal, 2013).

Det er mange faktorer som påvirker oksygenopptaket, men i idretter som langrenn der majoriteten av kroppens muskler er aktive under arbeidet er slagvolumet den faktoren med mest påvirkning (Hoff, 2005). Slagvolumet har direkte påvirkning på minuttvolumet som derfor utgjør halve formelen for det maksimale oksygenopptaket (McArdle et al., 2010; Katch et al., 2014; Hoff, 2005). Det har blitt gjennomført målinger der toppidrettsutøvere har fått påvist opp mot doblet slagvolum i forhold til utrente individer (Hoff, 2005). Hemoglobinnivået er også en faktor som spiller en rolle i hvor mye oksygen og karbondioksid kroppen klarer å frakte med seg (McArdle et al., 2010; Joyner et al., 2008; 1993; Sandbakk, 2011). Menn har i gjennomsnitt cirka 5% høyere maksimalt oksygenopptak enn kvinner (Sandbakk, 2011). Et lavere hemoglobinnivå er en av forskjellene påvist fra menn til kvinner, menns høye produksjon av testosteron og kvinners menstruasjon er naturlige forklaringer på dette (Joyner et al., 2008; McArdle et al., 2010).

$VO_{2\text{max}}$ blir oftest målt under løpstester på mølle (*løpe- $VO_{2\text{max}}$*), i langrenn er slike løpstester foretrukket som hovedindikator for den generelle utholdenhetsprestasjonen (Støren et al., 2013; Sunde et al., 2019; Bergh, 1987; Sandbakk, 2010). Også i sprintlangrenn har det blitt observert at $VO_{2\text{max}}$ -nivået spiller en betydelig faktor på prestasjonen (Sandbakk et al., 2010), dette har også blitt bekreftet i andre mellomdistanseidretter som for eksempel; roing og judo (Kostikiadis et al., 2018; Antunes et al., 2022). Det er også funnet sterke sammenhenger mellom 3000 meter løping og langrennsprestasjon (Stöggl et al., 2015; Huang et al., 2021). Det konkluderes med at dersom utøver har en høy aerob kapasitet, vil evnen til å utsette *fatigue* (utmattelse) gjennom alle de fire sprintheatene i konkurransene direkte påvirke prestasjonen (Sandbakk, 2010; 2011; Haugsnes et al., 2019). Der utøvere med en høy anaerob kapasitet ofte presterer svært godt i de to første heatene, men ikke holder alle de fire heatene (Sandbakk, 2010). Senere undersøkelser har vist at utøvere som har utviklet sitt maksimale oksygenopptak, også har fått påvist forbedring i kvalifikasjonsheatene (Sandbakk, 2010). Sandbakk og Leirdal viser også til sterke

korrelasjoner mellom det maksimale oksygenopptaket og prestasjon målt i motbakkesegmentene samt de flate partiene, dermed vil en høy aerob kapasitet påvirke evnen til å vedlikeholde farten i hvert enkelt sprintheat (Sandbakk et al., 2010).

Forskning på eliten i langrennssprint fant differanser mellom *World Cup*-utøvere og nasjonale utøvere, Sandbakk, Leirdal og Ettma fant ut at WC-utøverne hadde opp mot 10 % høyere maksimalt oksygenopptak en utøvere som konkurrerte på nasjonalt nivå (Sandbakk et al., 2011). Det ble også påvist at utøverne som konkurrerte på internasjonalt nivå klarte å holde makshastigheten sirka dobbelt så lenge som de nasjonale under løpe-VO_{2max}-testene (Sandbakk, 2011). Det ble konkludert med at WC-utøverne hadde en større aerob kapasitet, men ferdigheter som akselerasjon og utøvers maksimale styrke ikke differensierte fra WC til nasjonalt nivå (Sandbakk, 2011; Haugsnes et al., 2019). WC-løperne utførte mer trening i de lave intensitetssonene, samt hadde de også flere fartsfulle økter som ligner konkurranseformen. Gjennom forskningen konkluderte de med at faktorene, aerob kapasitet, arbeidsøkonomi og evnen til å spurte raskest var de tre variablene som hovedsakelig skilte de nasjonale og WC-løperne (Sandbakk, 2010; 2011).

VO_{2max} er trenbart, og dette er det forsket mye på gjennom mange intervensjonsstudier (Helgerud et al., 2001;2007; Sunde et al., 2019; Rusko, 2007; Ingjer, 1992). Den mest trenbare faktoren er som tidligere nevnt slagvolumet (Helgerud et al., 2001;2007). Der de fikk påvist økning i VO_{2max} på over 7 %, de undersøkte blant annet hjertefrekvensen og slagvolumet (Helgerud et al., 2001; 2007). De fant en sterk sammenheng i veksten av slagvolumet som var på sirka 9 % og økningen i VO_{2max}, der hjertefrekvensen som andre faktor påvirkes i liten grad av trening, men reduseres med alderen (Helgerud et al., 2007; Rusko, 2007). Det ble også konkludert at ved å gjennomføre 2-3 intervaller i uken over anaerob terskel *i3* til *i4* (80-90 % Hf) ble slagvolumet mer effektivt trent, enn hva bare moderat trening tilføyde (Helgerud et al., 2001; 2007; Ingjer, 1992; Rusko, 2007). Trening i høyden har også vist en god økning på den aerobe kapasiteten, men på grunn av den totale belastningen har høydetrening lite effekt på den anaerobe kapasiteten (Bahenský et al., 2020). Om individet er utrent kan moderat trening være mer hensiktsmessig, dette på grunn av risiko for belastningskader og sykdom (McArdle et al., 2010).

Ingjer (1992) og Rusko (2007) forsket på i hvilken alder VO_{2max} utvikler seg raskest hos trente og utrente. I denne forskningen har de konkludert med at VO_{2max} utvikler seg raskest under puberteten (Ingjer, 1992; Rusko, 2007). Ingjer konkluderte med at gutter i puberteten som trente

mye utholdenhetstrening over lengre tid fikk påvist størst utvikling i maksimalt oksygenopptak (Ingjer, 1992). Hovedgrunnen til denne utviklingen er en stor økning i testosteronproduksjon og et raskt voksende hjerte (Rusko, 2007; Ingjer, 1992). Den raskeste veksten i hjertets volum viste seg å være mellom 15 til 20 år, og aller mest vokste hjertet i alderen 16 til 18 år (Rusko, 2007). WC-langrennsløperne har også fått påvist vekst i hjertets volum gjennom 20-årene, dette gjennom mye trening over den anaerobe terskelen (Rusko, 2007). Men det ble også påvist at mye trening i de lavere intensitetssonene *i1* til *i3* økte den anaerobe terskelen (Rusko, 2007). Dermed er det også et gjensidig forhold til intensitet under trening for å øke en langrennsløpers anaerobe og aerobe kapasitet (Rusko 2007; Helgerud et al., 2007; Holmberg, 2009).

1.3.2. Maksimal styrke

Maksimal styrke defineres som den høyeste kraften det nevro-muskulære systemet kan påvises under en kontrollert bevegelse (Stolen et al., 2005). Arbeid er energien det koster å flytte noe en gitt distanse (Katch et al., 2014). Kraft er enheten som brukes for å vise kroppens evne til å gjennomføre størst mulig arbeid på kortest mulig tid (Stolen et al., 2005). Hvor hurtig kroppen klarer å mobilisere kraft har fått uttrykket; *rate of force development* (RFD) (Katch et al., 2014). Ved å øke den maksimale styrken, vil også kroppens evne til å utvinne kraft kunne utvikle seg, det vises sterke sammenhenger mellom de maksimal styrke og RFD (Rønnestad & Mujika, 2014). Maksimal styrke måles gjerne gjennom målinger av *one-repetition maximum* (1RM) i en standardisert øvelse som for eksempel nedtrekk og benkpress (Hoff & Helgerud, 2004). Det er ofte *resultantkraften* (*net force*) resultatene måles i under idrettslige sammenhenger. Resultantkraften er summen av alle faktorer, alt fra muskulær kraft til tyngdekraft og vind. (Cormie, McGuigan, & Newton, 2011). Det er viktig å merke seg at muskelkraft ofte ses på som den største faktoren rettet mot resultantkraften (Katch et al., 2014).

Maksimal kraftutvikling bestemmes av flere faktorer i idrettslige sammenhenger som for eksempel; BMI, fatigue, muskeltverrsnittet og muskelfibertype (Hoff & Helgerud, 2004). På en generell basis kan vi si at potensialet for kraftutvikling har en sterk sammenheng med muskelens tverrsnitt (Katch et al., 2014). Muskelcellenes evne til å frigjøre kalsium vil øke mengden aktive tverrbroer mellom aktin- og myosinfilamentene, dette som igjen er avhengig av cellenes tilgang og evne til å produsere ATP (Bolton et al. 2002; Katch et al., 2014). Kalsiumfrigjøringen har også en gjensidig gevinst i at den øker mengden rekrutterte motoriske enheter i de aktuelle motoriske aksonene (Bolton et al. 2002; Katch et al., 2014).

Kontraksjonshastigheten er en sentral faktor ved en gitt kraftutvikling, hastigheten på kontraksjonene er avhengig av fordelingen av type I- og II-fibre. Type II-fibre kan utvinne en større kraft ved sin raske kontraksjonshastighet enn hva type I-fibre klarer på samme tid (Katch et al., 2014). Hvilken fordeling av muskelfibertyper et individ har er i all hovedsak genetisk, og lite trenbart (Katch et al., 2014).

I all hovedsak er det to faktorer som kan trenes på for økning av den maksimale muskelstyrken; muskeltverrsnitt, og nevralt tilpasninger (Østerås et al. 2002; Hoff & Helgerud, 2004). I idretter som langrenn vil en økning av nevralt enheter ofte være gunstigere enn en økning i muskelmasse (Larsson & Henriksson-Larsén, 2008). Larsson & Henriksson-Larsén fant likevel en sammenheng mellom *lean body mass* (LBM) og prestasjon i langrenn, sammenhengene var signifikante mellom LBM målt i armene og hastighet målt i motbakkene (Larsson & Henriksson-Larsén, 2008). En økning i muskeltverrsnitt vil også øke kroppsvekten som kan spille inn som en negativ faktor for arbeidsøkonomien i langrenn (Larsson & Henriksson-Larsén, 2008; Hoff & Helgerud, 2004). Økning av muskulære og nevralt enheter er begge et resultat av trening. Likevel kan total treningsbelastning og kosthold brukes som to verktøy for å bestemme graden av nevralt tilpasninger i forhold til økning i muskelmasse (Østerås et al. 2002; Katch et al., 2014). I utholdenhetsidretter som langrenn kan det likevel være mulige fordeler ved å øke kroppsmassen og kraftpotensialet som en økning i styrketrening kan bringe med seg, dette er igjen avhengig av konkurranseform, løypeprofil og skiforholdene (Østerås et al. 2002; Losnegard et al., 2011). Det er flere studier som bekrefter sterk sammenheng mellom maksimal styrke og prestasjonen i langrenn (Sandbakk, 2011; Sunde et al., 2019; Hoff et al., 1999; Alsobrook et al., 2009). Derav viste 1 RM nedtrekk å være den sterkest korrelerte styrkevariabelen målt med langrennsprestasjonen (Sandbakk, 2011, Sunde et al., 2019). *Latissimus dorsi*, *triceps brachii*, *biceps brachii* og sterk kjernemuskulatur er viktige muskelgrupper i langrenn (Sunde et al., 2019; Sandbakk, 2010;2011). For å prestere i langrenn kreves det et visst nivå til styrke, spesielt langrennsspesifikk styrke. Langrennsspesifikk styrke har øker evnen til å motstå *fatigue* (Hébert-Losier et al., 2017). Det har vært gjort intervensjonsstudier der forskningsgruppa trente tre langrenns spesifikke styrkeøkter i uken, dette ble utført over en åtteukers periode (Hoff et al., 2002). Hovedgruppa som trente dette spesifikke programmet over en periode fikk påvist en 25 % økning på arbeidsøkonomien i dobbeldans skøyteknikk (*G3-teknikk fig.2*) (Hoff et al., 2002). Stöggl et al (2015) fant sammenhenger mellom langrenns spesifikke styrketrening (medisinball øvelser og push-ups) og prestasjon målt i 20-meters spurt (Stöggl et al., 2015). Det har vært forsøkt flere lignende

studier der resultatene ikke har vist til noen effekt versus kontrollgruppene, dette både for langrennsløpere og sykelisten (Aagaard et al., 2011; Losnegaard et al., 2011). Kompleksiteten i hvilke faktorer som påvirker hver enkelt utøvers prestasjon kan også være en grunn til disse resultatene (Blagrove et al., 2018; Losnegaard et al., 2011; Stöggl et al., 2015).

1.3.3. Antropometri

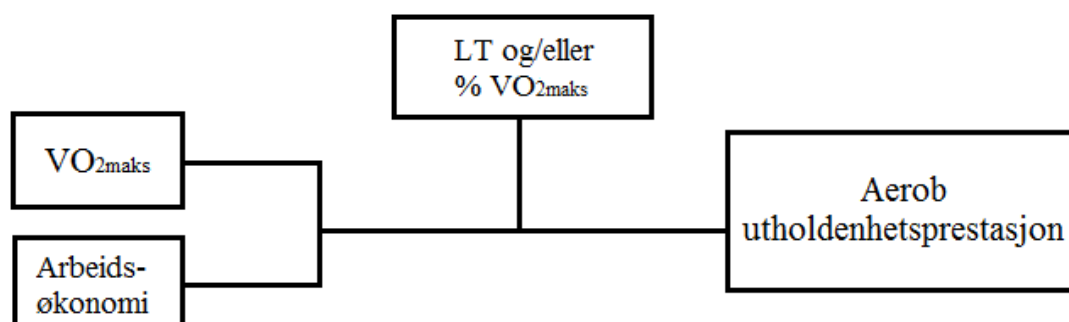
I langrennskonkurranser må utøverne forflytte sin egen kroppsvekt, dermed er det ikke ukjent at antropometriske faktorer har en betydning på prestasjonen (Hoffman & Clifford, 1992). Dette er faktorer som kroppsvekt, LBM, fettprosent og høyde. En tyngre utøver vil måtte bruke en større mengde energi for å forflytte seg, enn hva en utøver som veier mindre (MCARDLE et al., 2010). Det konkluderes gjennom flere studier innen langrenn at antropometriske faktorer som; kroppsvekt, kroppshøyde, fettprosent, BMI og LBM påvirker prestasjonen (Larsson & Henriksson-Larsén, 2008; Østerås et al. 2002).

Prestasjonen relatert mot kroppsvekt har vist seg å ha en liten påvirkningsgrad i en gjennomsnittlig langrennsdistanse, det ble likevel påvist en betydelig forskjell i prestasjonen under forskjellige segmenter av løpene (Bergh & Forsberg, 1992). Dette gjaldt spesielt for kvinner som ikke var profesjonelle langrennsløpere (Bergh, 1987; Bergh & Forsberg, 1992). Vekt som faktor ble konkludert som ubetydelig hos profesjonelle langrennsløpere. Det ble likevel redegjort for at tyngre langrennsløpere hadde et lavere tempo i de bratte motbakkepartiene, men de hadde ellers fordeler i resten av løypeprofilen (Bergh, 1987).

Det er også forsket en del på stavlengdens påvirkning i henhold til hastigheten målt i motbakker og flater, *center of mass* (COM) samt VO_{2max} (Losnegard et al., 2011;2019; Trøen & Paulsen, 2020). Forskingen foregikk i skøyting G3-teknikk der de testet stavlengdene opp mot kroppshøyden $PL^{84\%}$ mot $PL^{90\%}$ (*pole length of % body height*) med prestasjon (Losnegard et al, 2011;2019). Det ble konkludert med en gevinst i bruk av $PL^{90\%}$ ga en lavere COM-verdi, altså en mindre varierende tyngdeoverføring i spurtene (Losnegard et al, 2019). Trøen og Paulsen forsket også på $PL^{84\%}$ mot $PL^{90\%}$. De fikk i sine resultater at $PL^{90\%}$ ga en gevinst til fordel for $PL^{84\%}$ i motbakker for lavintensitets G3-teknikk, men i lettere terreng ga det negative og varierte resultater (Trøen & Paulsen, 2020). De konkluderte derfor med at valg av stavlengde burde i all hovedsak baseres på individenes underteknikker, fysikk og egne ønsker (Trøen & Paulsen, 2020).

1.3.4. Arbeidsøkonomi og underteknikker

I sprintlangrenn anses arbeidsøkonomien og topphastigheten som to av de viktigste faktorene til å påvirke resultatet (Sandbakk, 2010;2011; Stöggl et al., 2008) I langrenn beskrives arbeidsøkonomi som ratioen mellom mengden oksygen utøver bruker per forflytning gjennomført (McArdle et al., 2010). På en generell basis er arbeidsøkonomi hvor mye energi man bruker per arbeid som utføres (Jobson et al., 2021; Stöggl et al., 2008). La oss ta for oss eksempelet der en utøver har en bedre arbeidsøkonomi i G3 skøyteknikk i forhold til den andre, da vil denne utøveren muligens holde seg under den anaerobe terskelen hvor den andre måtte overstige terskelen (Katch et al.,2014; McArdle et al., 2010). Dette påvirker utholdenhetsprestasjonen direkte ved at man kan multiplisere det maksimale oksygenopptaket med en rekke faktorer som i sum gir arbeidsøkonomien (Basset & Howley, 2000). Dette vil igjen gi en ratio på hvor mye «drivstoff» utøver bruker per arbeid (Katch et al., 2019). Det vil være hensiktsmessig å se på hva hver enkelt idrett klassifiserer som «ønsket» arbeid (Jobson, 2021). I utholdenhetsidretter er ønsket arbeid ofte oppgitt som forflytning (Katch et al., 2014). En annen enhet som også brukes i lengre utholdenhetsidretter som marathon og sykling er *metabolsk kostnad* (Støren et al., 2013; Jobson et al., 2021). Effektivitet brukes ofte i idretter der den metabolske kostnaden skal omgjøres til en reel forflytning. I sykling er det normalt at bare 16 til 24 % av den metabolske energien kommer ut som *mekanisk arbeid*, der mye av den resterende energien går til produksjon av varme (Katch et al., 2014; Støren et al., 2013; Sunde et al., 2010). I langrenn er prosenten noe høyere, dette på grunn av flere aktive muskelgrupper (Sandbakk, 2010).



Figur 1: Fremstilling av faktorer for aerob utholdenhetsprestasjon (Bassett & Howley, 2000)

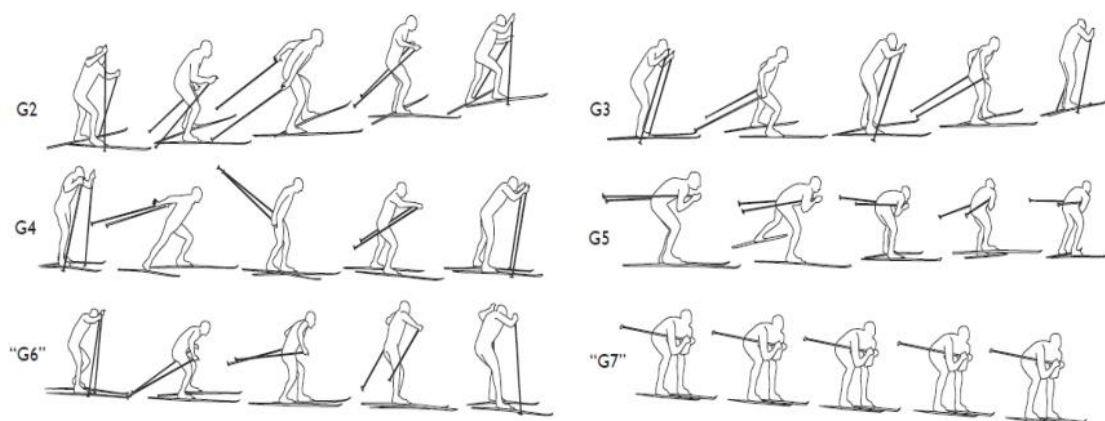
Det har vært gjennomført forskning på arbeidsøkonomiens betydning i en rekke idretter, blant annet; sykling, løping, langrenn og ishockey (Sunde et al., 2010; Støren et al., 2013; Anderson, 1996; Allise et al., 2021; Sandbakk, 2011). Det er ikke uvanlig at arbeidsøkonomien kan skille med så mye som 20 %, noe som kan være direkte avgjørende for prestasjonen (Sandbakk, 2011). Arbeidsøkonomi varierer fra individ til individ, arbeidsøkonomi er summen av mange faktorer; *antropometriske forskjeller* (vekt, høyde, muskelfeste), RFD, tekniske ferdigheter og den maksimale styrken (Hoff & Helgerud, 2004; Katch et al., 2014; Stolen et al., 2005). Effektivitet fungerer også som et uttrykk for arbeidsøkonomien;
$$\text{Effektivitet} = \frac{E(\text{ut})}{E(\text{Inn})} \times 100$$
 (Katch et al., 2014; Jobson, 2021). Ytre krefter som spiller inn på den totale effekten er i langrenn oftest på grunn av vær, vind og utstyret. Alt fra gli- og rulleforskjeller, trinsestørrelse, motvind og gjensnødde løyper er faktorer som spiller inn på arbeidsøkonomien (Rusko, 2003).

Det stilles høye krav til tekniske ferdigheter i langrenn, spesielt sprintlangrenn (Sandbakk 2010, 2011)! En effektiv teknikk er en teknikk som opprettholder høyest mulig fart til lavest mulig arbeid (Rusko, 2003). Hvordan en teknikk er effektiv i langrenn er noe individuelt, der antropometriske faktorer spiller en rolle (Rusko, Sandbakk et al., 2016). Det er likevel noen tekniske retningsmål å følge for å effektivisere teknikken, hode-, skulder- og tåprinsippet i skøyting er et eksempel på dette. I dette teknikkprinsippet er det ønsket at utøver kommer godt over ski/rulleski, samt rette blikket og kroppen i fartsretningen (Stöggl et al., 2008). Dette for å kunne presse fra med mest mulig kraft (vekt & eksplosivitet) i neste skyv, samt for å unngå rotasjon i overkroppen som vil være lite hensiktsmessig i henhold til fremdrift i fartsretningen (Rusko, 2003).

Det er også viktig å forstå hvilken retning kraften skal i langrenn, et eksempel på dette er når kjernemuskulaturen ikke spennes aktivt i stavinnsette, da vil mye av kraften fra stavinnsette bare forsvinne ut ryggen (Rusko, 2003). Både i klassisk- og fristilteknikk er det viktig å ligge godt frempå med kneet og overkroppen, dette vil skape en overbalanse fremover. Hensikten med denne overbalansen er å skape en utgangskraft for stavinnsette, der det lages et moment i kroppen som gjennom stavinnsette skaper kraft i fartsretningen (Stöggl et al., 2008). Som Losnegard et al. (2019) viste til at en lengre stavlengde kunne redusere COM som igjen ga en mindre varierende tyngdeoverføring. En lavest mulig COM-verdi er ønsket for at kraften i fristilteknikk skal følge fartsretningen (Losnegard et al., 2019). Stavinnsette er også en sentral komponent i kraftutvinningen i sprintlangrenn, generelt anbefales det at stavinnsette skjer så

nært skiskoen som mulig. Om stavinnsette er for langt fremme vil det skape en uønsket ubalanse, settes det for langt bak foten vil ikke kroppen klare å utvinne særlig kraft i fartsretningen (Stöggl et al., 2008; Støren et al., 2011; Sunde et al., 2019). Stavlengde kan variere noe, grunnet individets antropometri og skiteknikk, dette kan da endre stavinnsette med noen centimeter (Rusko, 2003; Stöggl et al., 2008).

I en internasjonal WC-langrennsløype stilles det krav til arrangør av hva en forsvarlig løypeprofil må inneholde. Som tidligere nevnt skal løypene inneholde sirka en tredjedel motbakker, en tredjedel flater og en tredjedel nedoverbakker (FIS, 2019). Motbakkene skal heller ikke være for lange, dette medfører da at internasjonale langrennsløyper blir veldig kupert (Losnegaard et al., 2019). Dette innebærer at en WC-utøver ofte må skifte underteknikker underveis i konkurransene (Andersson et al., 2010; Sandbakk et al., 2011). I langrenn skøyting er de tre mest brukte underteknikkene; padling (*G2*), dobbeldans (*G3*) og enkeldans (*G4*) (Stöggl et al., 2008; **fig.2**, Sandbakk & Leirdal, 2011). Hvilken av disse underliggende teknikkene man velger påvirker arbeidsøkonomien direkte, og valget av underteknikk basers oftest på; moment/hastighet, stigning og utøvers maksimale styrke (Sandbakk et al., 2011; Stöggl et al., 2008; Sunde et al., 2019).



Figur 2: Fremstilling av underteknikker fristil langrenn (Sandbakk & Leirdal, 2011)

Padling (*G2-teknikk*) brukes effektivt i to sammenhenger, den ene er i motbakker der dobbeldans (*G3-teknikk*) blir for tungt å opprettholde. Dette skjer ofte rundt 5°, noe tidligere for kvinner grunnet den relative styrken. Det andre scenarioet der padling brukes er som startteknikk fra stillestående til dobbeldans (Sandbakk, 2011; Stöggl et al., 2008). Padleteknikk skaper det meste av fremdriften fra benmuskulaturen og krever ingen moment for å skape kraft. Desto høyere moment utøver har, desto mindre hensikt gir padleteknikk (Sandbakk, 2011; Stöggl et al., 2008; Andersson et al., 2010). *G3*-teknikken er en kompleks teknikk som setter

krav til høy muskelaktivitet (Stöggl et al., 2008). Dobbeldans er en teknikk som utnytter moment i glideretningen og legger til rette for høy hastighet (Sandbakk, et al., 2011; Stöggl et al., 2008). Store deler av kraften opprettholdes mellom hvert stavtak, man girer ned til padling om momentet blir for lite (Stöggl et al., 2008). Enkeldans (*G4-teknikk*) er det samme som dobbeldans, eneste forskjell er stavtaket som kun skjer annethvert skyv. Enkeldans var mye utbredt når skøyteknikken kom på 1980-tallet, men har nå nesten blitt helt erstattet av dobbeldans, som har det samme fartspotensialet (Stöggl et al., 2008). De tilfellene der enkeldans fortsatt kan benyttes i konkurransesammenhenger er ofte i lett terreng som skrår nedover, enkeldans stiller høyere krav til maksimal styrke og lett terreng for å holde momentet oppe (Stöggl et al., 2008). Stavlengde spiller også inn som en avgjørende faktor for hvor langt det vil være gunstig å opprettholde dobbeldans i motbakker (Trøen & Paulsen, 2020).

1.3.5. Laktat og Fatigue

Laktatterskel (LT) også kalt den anaerobe terskelen er definert som den høyeste intensiteten (% VO_{2max}) man kan ha før man produserer mer laktat enn hva som elimineres, altså det punktet der produksjonen av laktat tar igjen mengden eliminasjon av laktat (Katch et al., 2014; McArdle, 2010). LT er altså definert som grensen før individet går over i «*rød sone*». Laktatterskel regnes som en av de tre avgjørende faktorene for den aerobe utholdenheten, $VO_2 max \times arbeidsøkonimi \times LT = prestasjon$ (**figur 1**) (Basset & Howley, 2000). LT er noe individuelt fra person til person, men den ligger oftest mellom 75 % og 85 % hos de fleste. (Støren et al; 2014; Sunde et al., 2009) Det ligger mye forskning på laktat og den anaerobe terskelen ute, men det konkluderes stort sett at LT er trenbart for utrente, men svært lite trenbart hos trente (Sjödin et al., 1992). En økning av VO_{2max} vil nødvendigvis ikke øke LT i % av VO_{2max} , men i praksis vil man kunne ha en høyere hastighet en tidligere på LT (Hoff & Helgerud, 2004; Bergh, 1992; Sjödin, 1982). En endring av LT kan likevel forekomme, dette behøver ikke å påvirke endring av VO_{2max} (Helgerud et al., 2001). Laktat måles i blodet med en laktatmåler, og oppgis i $mmol \cdot L^{-1}$. Hvilket tall som indikerer om en er over LT, kan variere stort fra utøver til utøver (Sjödin et al., 1982). En laktatprofil vil ofte vise en dramatisk stigning grafisk når LT passerer, det er ikke uvanlig at laktatene over anaerob terskel kan vise verdier mellom 6-25 $mmol \cdot L^{-1}$ (Sjödin et al., 1982; Bergh et al., 1992).

I langrenn er det forsket på laktatnivået til WC-sprintere mellom konkurransesimulerte sprintheat på rullskimølle, samt på snø (Sandbakk, 2011; Leirdal, 2011; Stöggl et al., 2007;

Zory et al., 2006). Konsentrasjonen av laktat (*BLa*) i blodet økte noe for hvert sprintheat, målingene lå stort sett mellom 10 og 18 mmol*L⁻¹ rett etter målgang (Stöggl et al., 2007; Zory et al., 2006). En rekke faktorer rettet mot arbeidsøkonomi, hastighet og VO_{2max} ble også testet (Leirdal, 2011; Sandbakk, 2011). *BLa* økte moderat fra prolog til siste sprintheat var gjennomført, hastigheten ble likevel målt til det samme over alle heatene. I selve sluttspurten ble det målt signifikante fall i hastighet fra første til tredje heat (Zory et al., 2006; Sandbakk, 2011; Leirdal, 2011). Dette blir også omtalt som nevromuskulær utmattelse der blant annet opphoping av laktat og tomme kreatinfosfatlagre resulterer i en treigere fyringsfrekvens (RFD) (Vesterinen et al., 2009).

Fatigue (utmattelse) blir ofte brukt for å beskrive et fall i prestasjon, eller en økende kostnad for å prestere likt som tidligere (Stöggl et al., 2008; Zory et al., 2006). Laktat er en hovedkomponent for *fatigue* i sprintlangrenn (Zory et al., 2006). Med en økende mengde laktat i muskelcellene vil ikke muskulaturen klare å respondere på samme måte til de motoriske enhetene (Vesterinen et al., 2009; Stöggl et al., 2008; Zory et al., 2006). Gjennom gode pauser mellom hver sprint eller spurt vil utmattelsen hovedsakelig kun forekomme gjennom nevromuskulær utmattelse (Vesterinen et al., 2009). Hvor lang en pause burde være for å unngå utmattelse mellom spurtene er i all hovedsak basert på hjertefrekvens og laktat (Vesterinen et al., 2009).

I dette studiet estimeres *Fatigue* = snittet av de to siste sprintene minus snittet av de to første.

Akselerasjon vs. Sluttresultat

En sprint deles hovedsakelig i to faser; akselerasjonsfasen og den maksimale hastighetsfasen (Alcaraz et al., 2018). Kroppens tyngdepunkt vil endres underveis i en spurt, der utgangspunktet i akselerasjonsfasen vil endres i overgangen til den maksimale hastighetsfasen. Dette setter store krav til tekniske ferdigheter og bruk av motoriske enheter som endrer seg gjennom hele sprintprosessen (Alcaraz et al., 2018). I en spurt i langrenn skøyteknikk vil det også være skiftning av underteknikker underveis i fra G2- til G3-teknikk (Sandbakk, 2011; Leirdal, 2015). Det er også forsket på hvor utslagsgivende små marginer er i løpesprint. En forskjell på fire- til sekshundredels sekund på en 60-meters distanse kan utgjøre en 30-50 centimeters differanse over mållinjen (Haugen et al., 2014).

Utøvers evne til å mobilisere kraft hurtig er avgjørende for akselerasjonsfasen i en hurtighetsprestasjon (Katch et al, 2014; Mackala et al., 2015). Ved en effektiv akselerasjonsfase vil utøver kunne skifte over til G3-teknikk raskest mulig (Leirdal, 2015; Sandbakk, 2011). Dermed vil faktorer som eksplosivitet og en høy RFD være avgjørende faktorer for hurtighetsprestasjon (Alcaraz et al., 2018). For en effektiv spurtteknikk spiller riktig aktivisering av frihetsgradene en sentral rolle (Sandbakk, 2011). Der blant annet synergister jobber samtidig på riktig tidspunkt, samt avkobling av antagonister, vil det føre til at det utvinnes mest mulig kraft i hvert skyv til lavest mulig kostnad (Alcaraz et al., 2018). Dette er en dynamisk prosess som krever god koordinering av motoriske enheter (Sandbakk, 2011; Leirdal, 2015).

Bond et al. (2018) og Perez et al. (2022) har forsket på hvordan akselerasjonsfasen korrelerer med hurtighetsprestasjon i ishockey (Bond et al., 2018; Perez et al., 2022). Det ble gjennomført spurtmålinger på distanser mellom 15 og 40 meter (Bond et al., 2018; Perez et al., 2022). Bond et al. (2018) fant sterke korrelasjoner mellom målingene gjort på 3 meter sammenlignet med sluttresultatet (Bond et al., 2018). Bond et al. (2018) fant sterke korrelasjoner mellom målingene gjort på 3 meter sammenlignet med sluttresultatet (Bond et al., 2018). Det er også gjennomført en lignende studier på fotballspillere, der ble det også påvist sterke korrelasjoner mellom akselerasjonsfasen og hurtighetsprestasjonen (Nagahara et al., 2018).

Problemstilling

Det er gjennomført mange studier som sammenligner de fysiologiske faktorene som; maksimal styrke, VO_{2max} , arbeidsøkonomi og antropometriske forskjeller med akselerasjonsfasen, maksimal hastighet og den totale hurtighetsprestasjon. Men det er relativt få som har sammenlignet akselerasjonsfasen med hurtighetsprestasjon. Jeg har ikke klart å komme over noe forskning i langrenn som setter søkelys på dette, og ønsker derfor å forske mer på det. Samt sammenligne en rekke fysiologiske faktorer med akselerasjonsfasen og hurtighetsprestasjon. En siste korrelasjon som jeg ønsker å sammenligne i dette studiet, er sammenhengen mellom *fatigue* og utholdenhetsprestasjonen.

Problemstillingen blir derfor; «*Hvor stor påvirkning har utvalgte variabler på hurtighetsprestasjon, og hvor stor påvirkning har akselerasjonsfasen på sluttresultatet, på 70 meter skøytespurt, gjennomført på rulleski?*»

Avgrensninger

I dette studiet regnes prestasjonen i 3000 meter, akselerasjonsfasen og hurtighetsprestasjon kun i tid. Derfor vil ikke arbeidsøkonomi regnes som et mål for prestasjon i denne studien. Videoanalysering av teknikk og andre detaljer ble heller ikke gjort, dette på grunn av de store arbeidsmengdene dette hadde påført både på feltet og i oppgaveskrivingen. Maksimal hastighet blir ikke et fokusområde i dette studiet. Det ble dessverre ikke gjennomført målinger av laktat på feltet, dette var grunnet Covid-tilstandene våren 2021 da datainnsamlingen foregikk. I dette studiet estimeres dermed Fatigue = snittet av de to siste sprintene minus snittet av de to første. Det ble ikke gjennomført VO_{2max} -testing på lab som ønsket dette skyldes også Covid-tilstander våren 2021, det ble derfor arrangert en 3000 meter istedenfor.

2. Metode:

2.1 Metodiske tilnærminger:

Studiet ble gjennomført som et tverrsnittsstudium. Et tverrsnittsstudie er «... *undersøkelser som er gjort på ett tidspunkt eller i løpet av en kort tidsperiode på et utvalg individer. Respons- og eksponeringsvariabler måles samtidig. Tverrsnittstudier har dermed ingen tidsdimensjon og ingen oppfølging* (Veierød & Thelle, 2013, s. 235).». Ved bruk av et tverrsnittsstudie vil man over kort tid kunne danne seg et bilde av utvalget. Utfra hva jeg har valgt som problemstilling i dette forskningsprosjektet vil den empiriske forskningstradisjonen støtte mest opp rundt min datainnsamling. Den empiriske teoritradisjonen har sinne røtter plantet i naturvitenskapen, og mine kommende datainnsamlinger vil være basert på naturfenomener.

I min forskning er utvalget langrennsutøvere i junioralder, de er i stadig utvikling, og det er derfor ekstra viktig at testene blir gjort innen et kort tidsvindu. Om ikke, vil da validiteten/signifikansnivået være så lav at forsøket ikke vil ha noen overføringsverdi til senere forskning. For å gjennomføre denne studien ble et utvalg aktive langrennsløpere, i junioralder, testet i et utvalg antropometriske og fysiologiske variabler. Forsøkspersonene ble testet i seks forskjellige fysiologiske og fysiske tester, som både evaluerte utholdenhet, styrke og hurtighet. Resultatene av disse testene ble senere analysert opp mot prestasjonene gjennomført i hurtighetstesten på rulleski, fristil, i en egen asfaltert rulleskiløype.

2.2 Utvalget

Utvalget i studiet besto av seks forsøkspersoner. Alle utøverne ble informert om studien, og hvilke tester som skulle utføres på forhånd. Forsøkspersonene fylte også ut et egenerklæringsskjema på forhånd, som ble overlevert til testansvarlig før testingen startet (**vedlegg 1**). Dette ble gjort for å bevisstgjøre utvalget at testene var frivillige, der de kunne trekke seg når som helst og for å kartlegge eventuelle hensyn som måtte tas under testingen. Kravene til utvalget i prosjektet var at utøverne skulle være friske, og aktive konkurranseutøvere innen langrenn eller skiskyting. Dette ble gjort for at vi skulle sikre at utøverne var kjent med å gå på rulleski, der de har en god nok arbeidsøkonomi til å representere populasjonen som i dette forsøket er langrenn- og skiskytings-sporten. Selv om forsøkspersonene var konkurranseutøvere, varierte nivået fra topp nasjonalt til middels regionalt nivå. Denne heterogeniteten ble brukt for å øke mulighetene for å undersøke korrelasjoner mellom fysiologiske variabler og prestasjon i langrenn. Alle langrennsløperne var i deres opptreningsperiode til konkurransesesongen under testperioden. Testingen ble utført våren 2021. Studien er godkjent av forskningsansvarlige ved Universitet i Sørøst-Norge, avdeling Bø.

	GJENNOMSNIITT	STANDARAVIK
VEKT(KG)	70,67	± 10,27
HØYDE(CM)	180,33	± 10,41
BMI	21,62	± 1,12
ALDER	16,43	±1,43

Tabell 1: viser vekt, høyde og BMI for utvalget i studien (N=6).

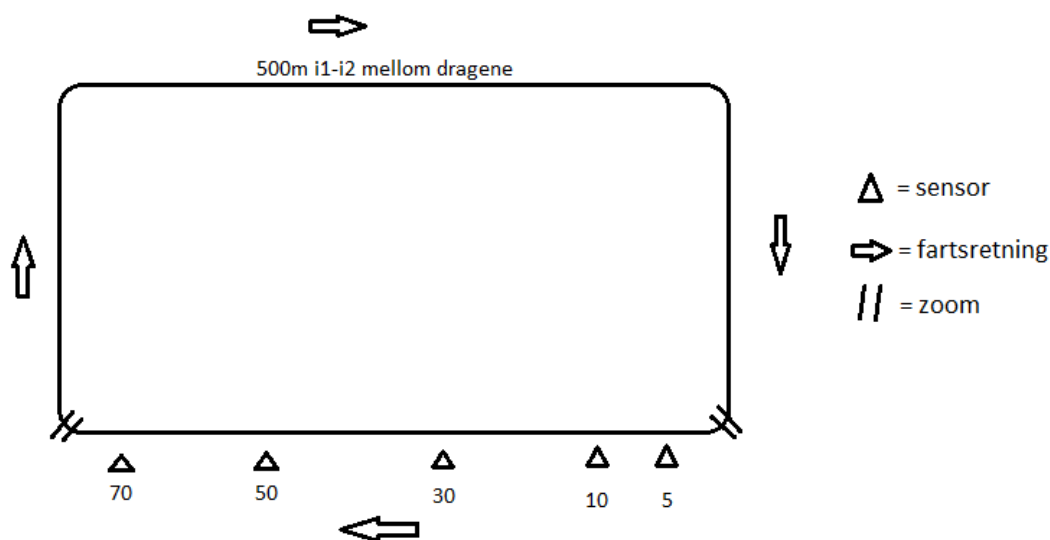
2.3 Antropometrisk data

De eneste antropometriske dataene som ble målt inn til dette forsøket var vekten og høyden til forsøkspersonene. Dette ble gjort på en Medisana baderomsvekt modell PS 412 med maksvekt til 160kg (Medisana, Neuss, Germany). Høyden ble målt med en 3-meters målestokk i glassfiber. Disse målingene ble gjennomført i forkant av styrketestene i benkpress og nedtrekk.

2.4 Dag 1: Hurtighet rulleski

Før utøverne gjennomførte hurtighetstest på rulleski, hadde de 25 minutters oppvarming på fristil rulleski. Alle forsøkspersonene brukte Swenor skøyterulleski med normal rullemotstand også kjent som 2-erhjul (Swenor, Sarpsborg, Norway). Stavene som ble brukt var karbonstaver de varierte mellom Swix CT1 og CT2.

De første 10 minuttene gikk utøverne i en rolig intensitet i1-i2. Deretter i en moderat intensitet i2-i3 i 5 minutter. Til sist hadde utøverne stigningsdrag der de også fikk testet prosedyrene og strekningen de senere skulle testes i.



Figur 3: Skisse av hurtighetstest rulleski

Selve gjennomføringen av hurtighetstesten besto av åtte hurtighetsdrag per forsøksperson. Utøvernes trener satt opp forsøkspersonene i en tilfeldig rekkefølge til dragene. Forsøkspersonene holdt denne rekkefølgen gjennom hele testen. Hurtighetstesten startet 1 meter før første sensormåling. Forsøkspersonene sto med fremste skotupp plassert på denne streken. De trådløse lasermålerne sto plassert med tre til fire meters avstand i bredden, slik at testen skulle så lik som mulig en oppløpsside i langrenn. Teststrekningen var på 70 meter, der det også ble målt tider underveis på 5, 10, 30, 50 meter. Forsøkspersonene gikk en runde på lav intensitet sirka 500 meter mellom hvert drag. Dette ble gjort for å holde en jevn flyt mellom testene samt få ned pulsen til neste hurtighetsdrag. Strekningen som ble brukt under forsøket hadde en gjennomsnittlig stigningsgrad på 2.5. Det ble gjennomført åtte spurter for hver forsøksperson, dermed ble det totalt 48 spurtprestasjoner målt. Det ble gjennomført fire

målinger underveis hvor de på 5 og 10 meter ble klassifisert som akselerasjonsfasen. Dette ga totalt 240 tidsmålinger.

Temperaturen var på 15 grader og det var sol og skyer. Musclelab ble brukt som operativsystemet for forskningen. Det ble brukt seks trådløse målere i merket Musclelab (ERGOTEST INNOVATION A.S., Stathelle, Norway), en elektronisk modul i merket Musclelab som kommuniserte med de trådløse målerne (ERGOTEST INNOVATION A.S., Stathelle, Norway). Dataene ble synkronisert i Musclelab datasynkroniseringsenhet (ERGOTEST INNOVATION A.S., Stathelle, Norway).

2.5 Dag 2: 3000 meter

3000-metertesten ble gjennomført på løpebanen med tartandekke, gjennomført på tradisjonelt vis med 7,5 runder i 400-metersrunder. Testen ble gjennomført som en fellesstart. Det ble gjennomført 15-20 minutter generell oppvarming, temperaturen var 14 grader og det var ingen nedbør og lite vind.

2.6 Dag 2: Maksimal styrke 1 RM nedtrekk

Før styrketesten ble det ikke gjennomført noen tilvenningsøkter.

Forsøkspersonene hadde løpt 3000 meter på bane en time før styrketestene og hadde derfor en individuell oppvarming der de forberedte seg med litt moderat motstand i styrkeøvelsen. Den første maksimale styrketesten var 1 RM nedtrekk. Denne testen ble utført i en Gym2000 nedtrekkmaskin (Gym2000 AS, Vikersund, Norway) med stang. Forsøkspersonene fulgte en fast oppvarmingsprosedyre før de begynte forsøkene på 1 RM. Forsøkspersonene startet med 10 repetisjoner på 50 % av 1 RM. Ikke alle utøverne hadde gjennomført en 1 RM test tidligere, dermed visste vi ikke nøyaktig hvor 50 % av 1 RM var hos den enkelte. I disse tilfellene tok vi utgangspunkt i kroppsvekt, og halverte denne for å finne utgangsvekten i testen. Videre gjennomførte alle forsøkspersonene fem repetisjoner på 60 %, tre repetisjoner på 70 % og to repetisjoner på 80 % av 1 RM. Deretter økte motstanden med 5 kg for hvert forsøk, med kun

én repetisjon, til utøveren hadde nådd 1 RM. Mellom hvert sett fikk forsøkspersonene tre minutter pause, både i oppvarmingsprosedyren og mellom 1 RM-forsøkene.

Forsøkspersonene ble instruert til at stangen skulle trekkes ned under haken. Blikket skulle rettes fremover, og ryggen skulle være rett. Utøveren skulle sitte mest mulig oppreist, og ikke lene seg bakover under løftet. Bredden på grepet skulle være slik at når overarmen stod rett ut fra kroppen, var det 90 grader i albueleddet. Hvis denne teknikken ikke ble fulgt tilfredsstillende, ble løftet ikke godkjent. Forsøkspersonenes 1 RM ble definert som den maksimale motstanden som ble løftet med riktig teknikk.

2.7 Dag 2: Maksimal styrke 1 RM benkpress

Før styrketesten ble det ikke gjennomført noen tilvenningsøkter.

Benkpressen ble gjennomført en time etter målingene av nedtrekk for hver forsøksperson. Den andre maksimale styrketesten var 1 RM benkpress. Denne testen ble utført på en Gymleco Benkpress Treningsbenk (GymSport AS, Trondheim, Norway) med stang. Forsøkspersonene fulgte en fast oppvarmingsprosedyre før de begynte forsøkene på 1 RM (Haff & Triplett, 2016). Forsøkspersonene startet med åtte repetisjoner på 50 % av 1 RM. Alle utøverne hadde gjennomført en 1 RM-test tidligere, dermed visste vi sirka hva 50 % av 1 RM lå på for hver enkelt forsøksperson. Videre gjennomførte alle forsøkspersonene fire repetisjoner på 60 %, tre repetisjoner på 70 % og to repetisjoner på 80 % av 1 RM. Deretter økte motstanden med fem kg for hvert forsøk, med kun én repetisjon, til utøveren hadde nådd 1 RM. Mellom hvert sett fikk forsøkspersonene tre minutters pause, både i oppvarmingsprosedyren og mellom 1 RM-forsøkene. Forsøkspersonene ble instruert til å legge seg langt nok ned på benken til at de kunne presse stangen litt bakover på vei opp (mot hodet). Hodet, skuldre og rumpe skulle være på benken gjennom hele løftet. De ble instruert til å aktivere *latissimus dorsi* ved å presse skulderbladene sammen (bak og ned). Føttene skulle plasseres godt under forsøkspersonen, der det ble sørget for at hele fotsålen var i gulvet. Grepet på stangen skulle være skulderbredt. De dro stangen ut av racket på egenhånd og senket stangen kontrollert ned til brystet med høy spenning i kroppen. På toppen skulle armene låses helt ut for godkjent løft. Hvis denne teknikken ikke ble fulgt tilfredsstillende, ble løftet ikke godkjent. Forsøkspersonenes 1 RM ble definert som den maksimale motstanden som ble løftet med riktig teknikk.

2.8 Statistiske analyser

Beregning av gjennomsnittsverdier og standaravik ble gjort i programmet Microsoft Office Excel 2021 (Microsoft, Redmond, USA).

Normalfordelingsanalysene, korrelasjonsanalysene, regresjonsanalysene, og de statistiske analysene ble gjennomført ved bruk av Statistical package for social sciences (SPSS), versjon 22 (IBM, Armonk, NY, USA). Alle variablene i studiet ble funnet normalfordelt.

Alle verdier ble oppgitt i korrelasjonskoeffisienten r . For å undersøke eventuelle sammenhenger mellom fysiologiske faktorer med akselerasjonsfasen og prestasjon i sprinttesten, ble det gjennomført regresjons- og korrelasjonsanalyser.

For korrelasjonstestene ble lineære regresjonsanalyser benyttet standard error of estimate (SEE). De ble regnet ut for å understreke signifikansnivået til r -verdiene, dette ved hjelp av programmet Single regression analyser.

Programmet Pearson bivariate ble brukt til 2-tailed korrelasjonstesting av variablene. Bruk av 2-tailed statistikk ble valgt siden alle variablene i testene korrelerte positivt eller negativt med akselerasjonsfasen og hurtighetsprestasjon.

For alle resultater ble signifikansnivået satt til $p = 0.05$.

Sterke korrelasjoner ble bestemt ut fra $r > 0.5$, $SEE < 10\%$ og $p < 0.01$.

Middels sterke korrelasjoner ble bestemt ut fra $r > 0.5$, $SEE \approx 10\%$, $p < 0.01$.

Svake korrelasjoner ble bestemt ut fra $r < 0.5$, $SEE > 10\%$ og $p < 0.05$.

3. Resultater

Resultatene av de forskjellige variablene med standardavvik på individnivå og for utvalget vises i tabell 1. Det ble ikke oppdaget signifikante kjønnsforskjeller, dermed presenteres variablene i én og samme tabell.

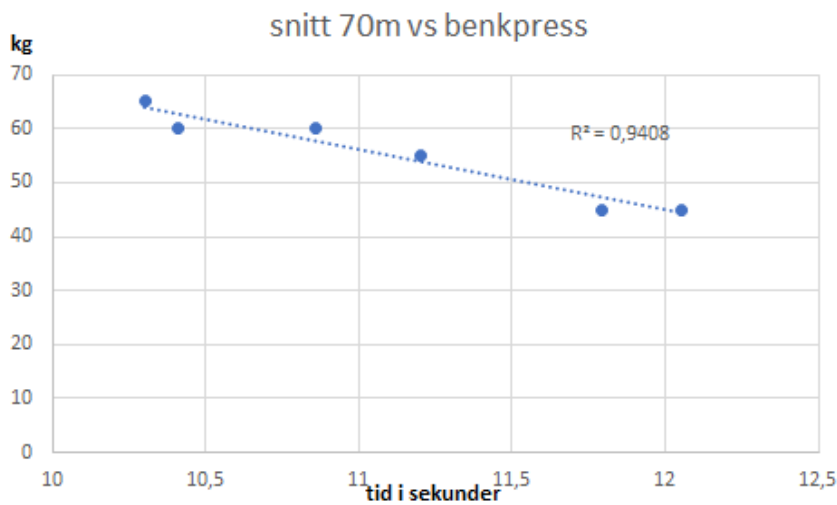
	5m(sek)	10m (sek)	70m (sek)	1 RM nedtrekk (kg)	1 RM benkpress (kg)	3000m(min)
Forsøksperson 1 (gutt)	1,28 ± 0,06	2,18 ± 0,04	10,86 ± 0,17	105	60	09:53
Forsøksperson 2 (gutt)	1,67 ± 0,03	2,03 ± 0,03	10,30 ± 0,12	115	65	10:28
Forsøksperson 3 (gutt)	1,37 ± 0,05	2,31 ± 0,07	11,20 ± 0,35	95	55	11:30
Forsøksperson 4 (gutt)	1,19 ± 0,03	2,10 ± 0,06	10,41 ± 0,23	105	60	10:18
Forsøksperson 5 (jente)	1,36 ± 0,04	2,36 ± 0,07	12,01 ± 0,20	80	45	12:00
Forsøksperson 6 (jente)	1,37 ± 0,04	2,34 ± 0,07	11,79 ± 0,17	75	45	11:30
Det totale utvalget (N=6)	1,29 ± 0,09	2,22 ± 0,14	11,10 ± 0,72	95,83 ± 15,63	55 ± 8,37	10:56 ± 0:34

Tabell 2: viser de gjennomsnittlige prestasjonene gjort på individnivå og for utvalget (N=6) inklusiv standardavvik. Dette i variablene akselerasjonsfase 5 meter og 10 meter, samt hurtighetsprestasjon 70meter. 1 RM nedtrekk, 1 RM benkpress og prestasjon utholdenhetstest 3000 meter

De to enkeltvariablene som korrelerte sterkest med hurtighetsprestasjonene var 1 RM benkpress og 1 RM nedtrekk, de korrelerte på $p < 0.01$ -nivå og $p < 0.05$ -nivå. Det ble også sterke korrelasjoner mellom 1 RM benkpress og nedtrekk med prestasjon målt i akselerasjonsfasene (5m) og (10m). Utøverens vekt ble også sammenlignet med 1 RM nedtrekk og 1 RM benkpress.

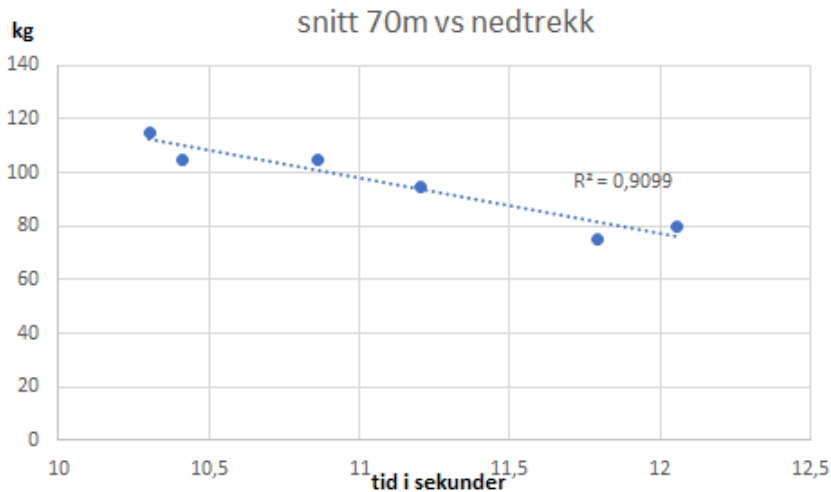
Sammenhengen mellom 1 RM benkpress og gjennomsnittet av 70m sprint var ($r = -0.97$, $p < 0.01$, $SEE = 4.1\%$) (**fig. 4**). Sammenhengen mellom 1 RM benkpress og gjennomsnittets prestasjon av akselerasjonsfasene (5m) var ($r = -0.84$, $p < 0.05$, $SEE = 9.2\%$). Sammenhengen mellom 1 RM benkpress og gjennomsnittets prestasjon av akselerasjonsfasene (10m) var ($r = -$

0,92, $p < 0.01$, $SEE = 6.6 \%$). Sammenhengen mellom vekt og 1 RM benkpress var ($r=-0.95$, $p < 0.01$, $SEE = 3.8 \%$).



Figur 4: plot med regresjonslinje hurtighetsprestasjon (70m) versus prestasjon benkpress.

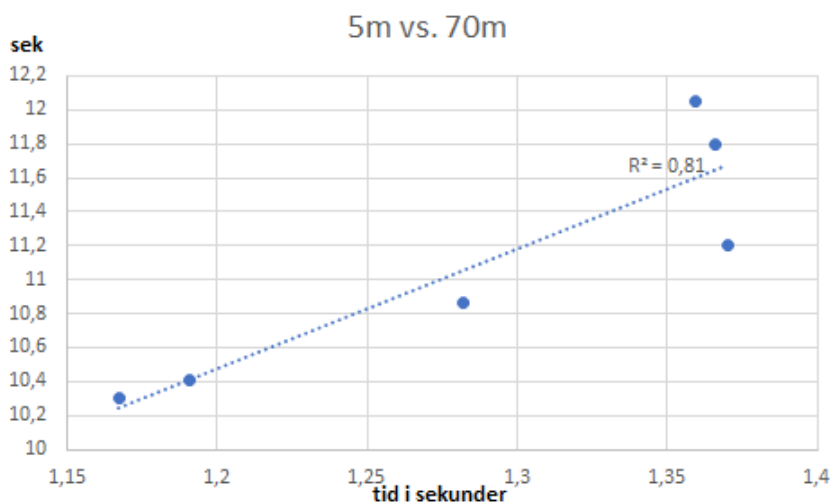
Sammenhengen mellom 1 RM nedtrekk og 70m sprint var ($r=-0,95$, $p < 0.01$, $SEE = 5.5 \%$) (**fig. 5**). Sammenhengen mellom 1 RM nedtrekk og prestasjon av akselerasjonsfasene (5m) var ($r=-0,85$, $p < 0.05$, $SEE = 9.6 \%$). Sammenhengen mellom 1 RM nedtrekk og prestasjon av akselerasjonsfasene (10m) var ($r=-0,95$, $p < 0.01$, $SEE = 7.0 \%$). Sammenhengen mellom vekt og 1 RM nedtrekk var ($r=-0.96$, $p < 0.01$, $SEE = 3.5 \%$).



Figur 5: plot med regresjonslinje hurtighetsprestasjon (70m) versus prestasjon nedtrekk.

Det var sterke sammenhenger mellom prestasjon akselerasjonsfasene (5m) og (10m) og hurtighetsprestasjonene.

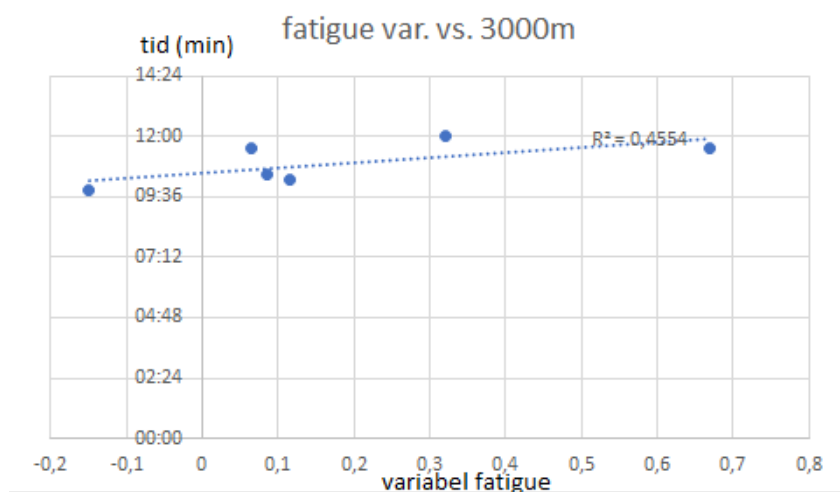
Sammenhengen mellom prestasjon av akselerasjonsfasene (5m) og hurtighetsprestasjonene var ($r=0,90$, $p < 0.05$, $SEE = 3,2\%$) (**fig.6**). Sammenhengen mellom prestasjon av akselerasjonsfasene (10m) og hurtighetsprestasjonene var ($r=0,95$, $p < 0.01$, $SEE = 2,3 \%$).



Figur 6: plot med regresjonslinje akselerasjonsfase (5m) versus hurtighetsprestasjon (70m).

Det var middels sterke sammenhenger mellom *fatigue* og utholdenhetsprestasjonen 3000 meter, men funnet var ikke signifikant. Dette skyldes type 2-feil $SEE= 124 \%$, grunnet ($N=6$).

Sammenhengen mellom *fatigue* og utholdenhetsprestasjonen 3000 meter var ($r=0,68$, $p > 0.05$, $SEE = 124 \%$) (**fig.7**)



Figur 7: plot med regresjonslinje *fatigue* variabel versus utholdenhetstest tid (min) 3000m.

4. Diskusjon

Målet med det gjennomførte studie var å sammenligne en rekke fysiologiske variabler med akselerasjonsfasen og hurtighetsprestasjonen. Sammenhengen mellom akselerasjonsfasen og hurtighetsprestasjonen var også noe vi ønsket å se nærmere på i fristil langrenn. En siste sammenheng jeg ønsket å undersøke nærmere var relasjonen mellom *fatigue* og målt prestasjon i utholdenhetstesten. Hovedfunnene i studiet var sterke korrelasjoner mellom prestasjon akselerasjonsfase 5 meter og hurtighetsprestasjon, samt akselerasjonsfase 10 meter og hurtighetsprestasjon. Sammenhengen mellom prestasjon av akselerasjonsfasene (5m) og hurtighetsprestasjonene var ($r=0,90$, $p < 0.05$, $SEE = 3,2\%$) (**fig.6**). Sammenhengen mellom prestasjon av akselerasjonsfasene (10m) og hurtighetsprestasjonene var ($r=0,95$, $p < 0.01$, $SEE = 2,3\%$).

De sterkeste korrelasjonene i studien var mellom de maksimale styrkevariablene 1 RM benkpress og gjennomsnittet av 70 meter hurtighetsdrag ($r = - 0.97$, $p < 0.01$, $SEE = 4.1\%$) (**fig. 4**). Sammenhengen mellom 1 RM nedtrekk og 70 meter hurtighetsprestasjon var også sterk med ($r=-0,95$, $p < 0.01$, $SEE = 5.5\%$) (**fig. 5**). Styrkevariablene korrelerte også sterkt med akselerasjonsfasen på 5 og 10 meter. Mens *fatigue* og utholdenhetsprestasjonen hadde en middels sterk r-verdi, ble SEE-verdien på hele 124 %, noe som trolig er på grunn av en type 2-feil. Årsaken til dette er det lave antallet forsøkspersoner som deltok i datainnsamlingen (N=6).

4.1 Relasjonen mellom maksimal styrke og hurtighetsprestasjon

To av de sterkeste korrelasjonene i studien var mellom de maksimale styrkevariablene 1 RM benkpress og gjennomsnittet av 70 meter hurtighetsdrag ($r = -0.97$, $p < 0.01$, $SEE = 2.3\%$) (**fig. 4**). Mellom 1 RM nedtrekk og 70 meter hurtighetsprestasjon var også en sterk korrelasjon med ($r = -0.95$, $p < 0.01$, $SEE = 4.1\%$) (**fig. 5**). Begge disse funnene var signifikante på et 0.01-nivå. Det at maksimal styrke i overkropp påvirker prestasjonen i langrenn, sprint og hurtighetsdrag styrkes også av mye annen forskning gjort i det samme feltet (Hébert-Loiser et al., 2017; Leirdal et al., 2011; Alsobrook et al., 2009; Sandbakk, 2010; 2011, Sunde et al., 2019; Hoff et al., 1999; Stöggl et al., 2015).

Sunde et al. (2019) fant sterke sammenhenger mellom variablene 1 RM nedtrekk og prestasjon rullerulleski testløp (Sunde et al., 2019). En økning i 1 RM nedtrekk vil trolig også øke «1 RM staketak», der *latissimus dorsi* er en sentral hovedmuskel i begge disse arbeidsprosessene (Sunde et al., 2019; Sandbakk, 2010). Det er også gjennomført lignende studier på syklist og mellomdistanseløpere (Blagrove et al., 2018, Støren et al., 2008). Funnene i disse studiene var ulike til sammenligning med mye av langrennsforskningen (Blagrove et al., Støren et al., 2008). Dette kan antageligvis ha sammenheng med at prestasjonen i sykling og løping hovedsakelig defineres av muskelarbeidet i beina (Sunde et al., 2019). Langrennsprestasjonen inkluderer overkroppsmuskulaturen i en større grad gjennom sine dynamiske langrennsbevegelser (Sunde et al., 2019; Losnegaard et al., 2011). Det antas likevel at maksimal styrke vil teoretisk forbedre arbeidsøkonomien til mellomdistanseløpere, til tross for Losnegaard et al., (2012) sine resultater (Losnegaard et al., 2012).

I studiet jeg gjennomførte ble søkelyset rettet mot hurtighetsprestasjon og sprintaspektet i fristilteknikk langrenn, samt var forskningsutvalget løpere i tidlig junioralder. Mye av tidligere forskning som er rettet mot hurtighet, maksimal hastighet samt sprintprestasjoner er gjort på eliteløpere (Sandbakk, 2011; Leirdal, 2011). Sandbakk et al. (2011) fant ut i sin forskning at den maksimale styrken til seniorløpere som konkurrerte på nasjonalt nivå ikke var lavere enn WC-utøverne (Sandbakk, 2011; Leirdal, 2011). De konkluderte i sin forskning at de variablene som var det største skillet mellom utøverne som konkurrerte på nasjonalt og internasjonalt nivå var VO_{2max} og utøvers maksimale spurthastighet (Sandbakk, 2011; Leirdal, 2011). I Stöggl et al (2015) studie forsket de på juniorutøvere og fant en sterk korrelasjon mellom den langrennsspesifikke styrken og spurtprestasjonen på 20 meter. Dette gjaldt spesielt for guttene (Stöggl et al., 2015; Hébert-Loiser et al., 2017). Resultatene i dette studiet styrker teorien om

at yngre utøvere har en større variasjon av hvor sterke de er, altså den maksimale styrken vil spille en signifikant forskjell på prestasjonen til juniorutøvere og i en enda større grad i hurtighetssammenhenger (Sandbakk, 2011; Rusko, 2003, Sunde et al., 2019).

Resultatene i min studie fant ikke noen betydelige forskjeller i relasjonen 1 RM nedtrekk og 1 RM benkpress rettet mot kjønn. 1 RM nedtrekk og 1 RM benkpress korrelerte sterkt med kroppsvekt. Relasjonen vekt og 1 RM benkpress hadde verdiene ($r=-0.95$, $p < 0.01$, $SEE = 3.8$ %), og relasjonen vekt og 1 RM nedtrekk hadde verdiene ($r=-0.96$, $p < 0.01$, $SEE = 3.5$ %). Relasjonen mellom prestasjon 1 RM benkpress og nedtrekk ble også sammenlignet mot utøvernes vekt.

Funnene ga heller ingen indikasjoner på at kjønn var avgjørende i forhold til den relative styrken i min studie. Det er forskjeller i maksimal styrke mellom menn og kvinner, disse forskjellene skyldes blant annet menns høyere testosteronproduksjon (McArdle et al., 2010). En annen fysiologisk forskjell McArdle et al. (2010) viser til er menns lavere fettprosent. Det er mye mulig dette også påvirker hurtighetsprestasjonen med tanke på den ekstra vekten enn det høyere fettprosent vil påfører arbeidsøkonomien (McArdle et al., 2010). Rusko konkluderer også i sin forskning at menn generelt sett forflytter seg raskere enn kvinner i langrenn (Rusko, 2003). En høy LBM har også vist gevinst i flere sammenhenger i langrenn, spesielt i motbakker var funnene signifikante (Larsson & Henriksson-Larsén, 2008). Det er også gjennomført forskning på langrennsløpere og syklister som ikke kunne konkludere i at en økende maksimal styrke ville forbedre idrettsprestasjonen (Aagaard et al., 2011; Losnegaard et al., 2011; Stöggl et al., 2015; Blagrove et al., 2018).

Styrkevariablene korrelerte også sterkt med akselerasjonsfasen på 5 og 10 meter. Sammenhengen mellom 1 RM benkpress og gjennomsnittets prestasjon av akselerasjonsfasene (5m) var ($r=-0,84$, $p < 0.05$, $SEE = 9.2$ %). Sammenhengen mellom 1 RM benkpress og gjennomsnittets prestasjon av akselerasjonsfasene (10m) var ($r=-0,92$, $p < 0.01$, $SEE = 6.6$ %). Sammenhengen mellom 1 RM nedtrekk og prestasjon av akselerasjonsfasene (5m) var ($r=-0,85$, $p < 0.05$, $SEE = 9.6$ %). Sammenhengen mellom 1 RM nedtrekk og prestasjon av akselerasjonsfasene (10m) var ($r=-0,95$, $p < 0.01$, $SEE = 7.0$ %). Det at akselerasjonsfasen har en sammenheng med den maksimale styrken i overkropp har en sterk sammenheng med RFD, som forklarer hvor viktig fyringsfrekvensen er i starten av et hurtighetsdrag (Vesterinen et al., 2009; Ronnestad & Mujika, 2014).

Gode eksempler på hvilken type trening som forbedrer utøvers maksimale styrke vil være å trene med få repetisjoner, altså noe mellom to til fem. Dette burde gjentas i tre til fem serier med søkelys på maksimal fyringsfrekvens i løftefasen. Det anbefales også at pausene er mellom to til fem minutter lange. Disse treningsprinsippene har vist forbedring av utøvers maksimale styrke samt arbeidsøkonomi (Sunde et al., 2010;2019; Østerås et al., 2002, Hoff et al., 1999).

4.2 Relasjonen mellom prestasjon 3000 meter og fatigue

Sammenhengen mellom *fatigue* og utholdenhetsprestasjonen 3000 meter var ($r=0,68$, $p > 0.05$, SEE =124 %) (**fig.6**). Det var middels sterke sammenhenger mellom *fatigue* og utholdenhetsprestasjonen 3000 meter, funnet var ikke signifikant, på grunn av type 2-feil SEE= 124 %, dette grunnet (N=6). **Fatigue** = snittet av de to siste spurtene minus snittet av de to første. *Fatigue* som variabel i dette studiet ble en svært misvisende variabel. Dette på grunn av at halve utvalget faktisk forbedret tidene sine på de to siste spurtene. Selv på individnivå ga ingen av de positive og negative variablene noen sammenheng med prestasjonen på 3000 meter løping.

I dette studiet var det planlagt å bruke VO_{2max} som utholdenhetsvariabel. Grunnet rødt Covid-nivå på campus våren 2021, da datainnsamling tok sted, var vi nødt til å finne en annen utholdenhetsvariabel. I de fleste langrennstudier velges VO_{2max} oftest som utholdenhetsvariabel, dette i form av løpstest på mølle (*løpe- VO_{2max}*) (Støren et al., 2013; Sunde et al., 2019; Bergh, 1987; Sandbakk, 2010). Det er også funnet sterke sammenhenger mellom 3000 meter løping og langrennsprestasjon (Stöggl et al., 2015; Huang et al., 2021). 3000 meter løping ble også brukt tilbake i tiden da det var få laboratorier tilgjengelige til forskningen (Sjödén et al., 1982; Bergh et al., 1992), men en faktor man ikke får kartlagt da er arbeidsøkonomien i løping. Bergh et al (1992) mener også det er begrenset hvor mye arbeidsøkonomien til en toppidrettsutøver vil kunne endres (Bergh et al., 1992). Det kan derfor antas at 3000 meter som utholdenhetsvariabel har en noe svakere sammenheng med langrennsprestasjon enn hva VO_{2max} har. Likevel er det påvist sterke sammenhenger mellom 3000 meter løping og langrennsprestasjon (Stöggl et al., 2015; Huang et al., 2021).

I sprintlangrenn ble det konkludert at VO_{2max} -nivået spiller en betydelig rolle på prestasjonen (Sandbakk et al., 2010; 2011; Stöggl et al. 2007; Leirdal, 2011; Vesterinen et al., 2009). Resultatene fra studiet mitt var av type 2-feil, men viste ellers til en middels sterk korrelasjon.

Dette har også blitt bekreftet i andre heatbaserte idretter som roing og judo der prestasjon og VO_{2max} har hatt en sterk sammenheng (Kostikiadis et al., 2018; Antunes et al., 2022). Det ble konkludert at utøvere med en høy aerob kapasitet, vil ha bedre forutsetninger til å motstå utmattelse i en sprintkonkurranse, som består av en prolog og tre utslagsheat (Sandbakk et al., 2010; 2011). Dette studiet fikk ikke signifikante funn i sammenligningene av *fatigue* og utholdenhetsprestasjon. De middels sterke r-verdiene tyder likevel på at med en sterkere utholdenhetsvariabel som VO_{2max} og en hardere sprintpåkjenning (sprint heat 1.4 - 1.8km) ville resultatene fort stemt overens (Sandbakk et al., 2010; 2011). Ettersom min studie hadde spurter på 70 meter med gode pauser, ble nok ikke fall av hurtighetsprestasjon nok fremprovosert i mitt valg av design. Sandbakk et al., (2010), fant sammenhenger mellom VO_{2max} og prestasjonene i sprintprolog. På en sprintdistanse som ofte ligger mellom 1,4 til 1,8 kilometer vil VO_{2max} spille en betydelig rolle. De fant også ut i forskningen sin at utøvere med høy anaerob kapasitet har en tendens til å prestere bra på de to første heatene, men har en tendens til å ikke holde tempoet i en semifinale-, eventuelt finaleheat (Sandbakk et al., 2010). Resultatene i dette studiet gir knapt en indikasjon på forholdet mellom utholdenhetsprestasjon sammenlignet med fall i hurtighetsprestasjoner underveis i repeterte spurter. Det kunne vært interessant å forske mer på dette, hvor man fremprovoserte mer laktat gjennom kortere pauser eller eventuelt noe lengre spurter. Ved kortere pauser og lengre hurtighetsdrag ville det blitt en stigning av BLa-verdi for hvert gjennomførte drag (Vesterinen et al., 2009). Dette ville trolig vist signifikante sammenhenger mellom *fatigue* og hurtighetsprestasjonene.

Sandbakk og Leirdal viste også til sterke korrelasjoner mellom VO_{2max} og prestasjonen målt i motbakkesegmentene og de flate partiene. De konkluderte da med at en høy aerob kapasitet vil påvirke evnen til å vedlikeholde farten i hvert enkelt sprintheat (Sandbakk et al., 2010). Dette skyldes at det er en høyere belastning i motbakker og flater som dermed øker muskelarbeidet. Dette øker igjen behovet for oksygen til muskelcellene (Katch et al., 2014).

Sandbakk et al. (2010) forsket på en rekke ulike variabler rettet mot å finne hva som skilte prestasjonen på WC-sprintere og de som konkurrerte nasjonalt, altså på nivået under. De konkluderte med at WC-utøverne hadde opp mot 10 % høyere maksimalt oksygenopptak enn utøvere som konkurrerte på nasjonalt nivå (Sandbakk et al., 2010). Det ble også påvist at WC-løperne klarte å holde makshastigheten sirka dobbelt så lenge som de nasjonale under løpe- VO_{2max} -testene (Sandbakk, 2011). Til tross for den dårlige SEE-verdien mellom variablene *fatigue* og prestasjon utholdenhetstest, ble det i dette studiet funnet detaljer på individnivå som viste at de tre utøverne som presterte best på utholdenhetstesten også hadde det laveste

standardavviket i sine spurtresultater. De hadde også sterke plasseringer om gjennomsnittet av hurtighetstesten hadde blitt rangert. Dette kan muligens styrke Sandbakk sine funn som konkluderer i at de beste sprinterne også hadde en høyere VO_{2max} (Sandbakk et al., 2011; Haugsnes et al., 2019). Utvalget i min studie fikk dessverre ikke gjennomført VO_{2max} -testing, det ble dermed som tidligere nevnt gjennomført 3000-meter løping. Gjennomsnittstiden på 3000 meter løping ble på 10:56, raskest tid ble på 9:53 og den seneste tiden på 12:00. Utvalget hadde en snittalder på 16,43 år, noe som tilsier at de var i tidlig junioralder. Disse resultatene er noe jeg vil tro samsvarer godt med en gjennomsnittlig langrennsløpers utholdenhetsprestasjon i tidlig junioralder.

Det at den aerobe kapasiteten er trenbart er vist gjennom flere hundrevis av forskningsartikler, det er også mange eksempler for dette i langrenns-kategorien (Helgerud et al., 2007; Sunde et al., 2019; Rusko, 2007; Ingjer, 1992; Stöggl et al., 2015). Den mest trenbare faktoren er som tidligere nevnt er slagvolumet (Helgerud et al., 2007). En økning av slagvolumet på 9 % viste til en 7 % økning i VO_{2max} (Helgerud et al., 2007). Det har blitt gjennomført målinger der toppidrettsutøvere har fått påvist opp mot det dobbelte slagvolumet sammenlignet med utrente individer (Hoff, 2005).

Det kunne vært interessant å gjennomføre en intervensjonsstudie med juniorer i denne alderen for å undersøke endringene i utholdenhetsprestasjonen, hvor de ble målt i VO_{2max} , 3000 meter eller et annet testløp. Utvalget er i en alder hvor den aerobe kapasiteten er under stor utvikling. Ingjer (1992) og Rusko (2007) studerte på i hvilken alder VO_{2max} utviklet seg mest. I de studiene konkluderte de med at VO_{2max} utvikler seg raskest i løpet av ungdomsårene (Ingjer, 1992; Rusko, 2007). Ingjer konkluderte med at gutter som fikk gjennomført mye utholdenhetstrening i ungdomsårene hadde størst utvikling i VO_{2max} (Ingjer, 1992). Hovedårsaken til denne utviklingen er den store økningen i testosteronproduksjonen og et hjerte i rask vekst (Rusko, 2007; Ingjer, 1992). Slagvolumet øker spesielt mye i alderen mellom 15 og 20 år, mens den aller raskeste veksten av hjertet foregikk mellom 16- og 18-årene (Rusko, 2007). WC-utøverne i slutten av 20-årene har også vist seg å øke slagvolumet gjennom omfattende trening over anaerob terskel (Rusko, 2007). Det ble også konkludert med at intervalltrening 2-3 ganger per uke over anaerob terskel i3 til i4 (80-90 % Hf) var mer hensiktsmessig en bare moderat trening (Helgerud et al., 2001; 2007; Ingjer, 1992; Rusko, 2007).

4.3 Relasjonen mellom akselerasjonsfasen og hurtighetsprestasjon

Det var sterke sammenhenger mellom prestasjonen i akselerasjonsfasene (5m) og (10m) og hurtighetsprestasjonene. Sammenhengen mellom prestasjon av akselerasjonsfasene (5m) og hurtighetsprestasjonene var ($r=0,90$, $p < 0.05$, $SEE = 3.2 \%$) (**fig.6**). Sammenhengen mellom prestasjon av akselerasjonsfasene (10m) og hurtighetsprestasjonene var ($r=0,95$, $p < 0.05$, $SEE = 2.3 \%$). Dette signifikansnivået bekrefter at det er en sammenheng mellom akselerasjonsfasene og den målte prestasjonen i hurtighetsdragene. Det var også sterke sammenhenger mellom akselerasjonsfasene og maksimal styrke overkropp som vist til tidligere i diskusjonen. En sprint deles hovedsakelig i to faser; akselerasjonsfasen og den maksimale hastighetsfasen (Alcaraz et al., 2018).

Utøvers evne til å mobilisere kraft hurtig er særdeles avgjørende for akselerasjonsfasen, og spiller dermed også en betydelig rolle for hurtighetsprestasjon (Katch et al., 2014; Mackala et al., 2015). Ved en høy muskulæreksplisivitet og en effektiv RFD vil utøver kunne skape en høy hastighet raskt. Dette kan skape en eventuell mulighet for å skifte fra G2-teknikk til G3-teknikk før konkurrentene, som igjen vil gi en fordel i hurtighetsprestasjonen (Leirdal, 2015; Sandbakk, 2011; Alcaraz et al., 2018). Ved en effektiv akselerasjonsfase vil utøver kunne skifte over til G3-teknikk raskest mulig (Leirdal, 2015; Sandbakk, 2011). Dermed vil faktorer som eksplisivitet og en høy RFD være avgjørende faktorer for hurtighetsprestasjon (Alcaraz et al., 2018). For en effektiv spurttknikk spiller riktig aktivisering av frihetsgradene en sentral rolle (Sandbakk, 2011). Der blant annet synergister jobber samtidig på riktig tidspunkt, samt avkobling av antagonister. Dette vil legge til rette for at det kan utvinnes mest mulig kraft i hvert skyv til lavest mulig kostnad (Alcaraz et al., 2018). Spurting i langrenn fristil er en krevende dynamisk prosess som setter høye krav til god koordinering av motoriske enheter (Sandbakk, 2011; Leirdal, 2015). En lavest mulig COM-verdi er ønsket for at kraften i fristilteknikk skal følge fartsretningen og dermed er en effektiv teknikk (Losnegard et al., 2019). Det ble ikke analysert noe på utøvernes teknikk underveis i hurtighetstestene, det ble likevel registrert på individnivå at de to utøverne som presterte best også var de to utøverne som skiftet tidligst over til dobbeldans (G3-teknikk). De skiftet fra G2 til G3 i forkant av første sensor som var på fem meter, der de andre i utvalget jevnt over brukte to til tre meter ekstra i G2-teknikk.

I den maksimale hastighetsfasen oppnår utøverne et platå i hastighet hvor hastigheten holdes vedlike i tøft anaerobt arbeid (Sandbakk et al., 2011; Leirdal et al., 2011). Utøvere med en høy anaerob kapasitet vil kunne holde en spurt over langere tid. Dette til frem til det punktet hvor

oksyngjeld og laktat til slutt blir så stor at nervesignalene ikke klarer å kommunisere med musklene for opprettholdelsen av farten (Sandbakk et al., 2010; Katch et al., 2014; McArdle et al., 2010). En forskjell på fire- til sekshundredels sekund på en spurtdistanse kan utgjøre en 30-50 centimeters differanse over mållinjen (Haugen et al., 2014). For å estimere den maksimale hastigheten i spurtene som ble gjennomført ved bruk av sensorer, vil det være behov for flere sensorer mellom 10, 30, 50 og 70 meter. Jeg har sjekket opp tidene til enkeltindivider på en del av spurtene, og estimert meg frem til at de havnet på et platå mellom 40 og 70 meter. Enkeltindividene oppnådde trolig sin maksimale hastighet et sted mellom 30-metersensoren og 50-metersensoren. Løypen de hadde hurtighetsdragene på hadde en stigning på 2,5 grader. Det kan spekuleres i om en helt flat spurtstrekning ville gitt andre resultater, utøverne vil mest sannsynlig kommet raskere over i G3-teknikk, men samtidig vil en lav COM-verdi i den maksimale hastighetsfasen vært vanskeligere å opprettholde.

Bond et al. (2018) og Perez et al. (2022) har forsket på hvordan akselerasjonsfasen korrelerer med hurtighetsprestasjon i ishockey (Bond et al., 2018; Perez et al., 2022). Det ble gjennomført spurtmålinger på distanser mellom 15 og 40 meter (Bond et al., 2018; Perez et al., 2022). Bond et al. (2018) fant sterke korrelasjoner mellom målingene gjort på 3 meter, sammenlignet med sluttresultatet ($p < 0.05$) (Bond et al., 2018). Min studie styrker også at forholdet mellom prestasjon i akselerasjonsfasen samsvarer godt med en hurtighetsprestasjon i langrenn fristil.

Som tidligere nevnt korrelerte styrkevariablene også sterkt med akselerasjonsfasen på 5 og 10 meter. Jeg vil derfor igjen anbefale å trene maksimal styrke til forbedring av akselerasjonsfasen og arbeidsøkonomien (Sunde et al., 2010;2019; Østerås et al., 2002, Hoff et al., 1999).

4.4 Metodiske betraktninger

En stor begrensning, om ikke også den største begrensningen i dette studiet, var utvalget. Det som skulle være 12 til 14 utøvere ble til 6 utøvere. Dette grunnet Covid-utbrudd i distriktet våren 2021 da datainnsamlingen skulle utføres. Dette medførte at datamaterialet som ble innsamlet ble halvert. Til sammenligning med andre intervensjonsstudier og tverrsnittstudier, der utvalget ofte ligger mellom 20 til 40 deltakere (Bond et al., 2018; Sunde et al., 2019; Sandbakk, 2011; Söggli et al., 2015). Dette medførte blant annet at utmattelses variabelen *fatigue* fikk en ubrukelig sammenligningsverdi med de andre dataene. Med et høyere utvalg

ville mest sannsynlig ikke noen negative individverdier hatt noen stor betydning på variabelens totale betydning. Et større utvalg ville også gitt en bedre indikasjon på kjønnsforskjellene, der to kvinner blir for få til å representere en populasjon. Om utvalget var større kunne man blant annet sammenligne med forskningen til (Igjer et al., 1992; Rusko et al., 2007; Hoff et al., 1999). Det ble dermed mer hensiktsmessig å trekke frem resultater på individnivå til bruk av sammenligning, det var spesielt *fatigue*-variabelen, G2-, G3-teknikkskiftet og sammenhengen mellom prestasjon 3000 meter og enkeltindividers spurtprestasjon som skilte seg ut på individnivå.

En annen utfordring i min studie var at utholdenhetstesten ikke ble gjennomført som VO_{2max} -testing, men istedenfor som 3000 meter løping. Det har riktig nok blitt gjennomført studier som bruker 3000 meter løping som utholdenhetsvariabel. Oftest har grunnen til dette vært at utvalget er under junioralder, forskningen er relativt gammel eller studiet har vært rettet mot løpsprestasjoner (Stöggl et al., 2015; Huang et al; 2021). Stöggl et al. (2015) fikk likevel signifikante funn på ($p < 0.05$) som tyder på at 3000 meter løping har en gitt verdi som utholdenhetsfaktor. Det kan likevel spekuleres videre i om 3000 meter løping har en mindre overføringsverdi til fristilteknikk, der klassisk diagonalgang har visse likheter. VO_{2max} -testing anbefales enten i form av løping eller på rulleskimølle (Helgerud et al., 2001). Majoriteten av langrennsforskning bruker VO_{2max} som utholdenhetsvariabel. Det forekommer likevel intervensjonsstudier som har definert utholdenhetsprestasjonen til gitte tester, som for eksempel et testløp eller en fikset utholdenhetstest.

Videofilming for teknikkanalyse hadde forbedret forskningen, på den måten kunne man sammenligne G2-, G3-teknikkskiftet mer analytisk, samt sett etter andre detaljer som ga sammenhenger med hurtighetsprestasjonene. Dette ville styrket studiet betydelig i form av tekniske analyser og kunne vært til sammenligning med studier gjort på teknikk analysering (Sandbakk et al., 2010; 2011; Leirdal et al, 2011).

Det kunne også vært gjennomført testing av rulleskiene for å sammenligne eventuelle rulleforskjeller, men det vil da også være viktig å sammenligne rulledifferansen på vektvariabelen for utøverne. Det er påvist fordeler med en tyngre kroppsvekt i nedoverbakker (Bergh, 1987;1992). Alle forsøkspersonene hadde toer-hjul fra leverandøren Swenor, men det har erfaringsmessig vist seg at rulleski alltid vil rulle noe ulikt.

4.5 Praktiske implikasjoner

Ut ifra resultatene i denne studien kan man velge å bruke 3000 meter løping som en indikasjon på utholdenhetsprestasjon, hvis man ikke har mulighet eller ressurser til å oppdrive VO_{2max} testing. VO_{2max} -testing ved bruk av løpemølle eller rulleskimølle gir mer valide og reliable mål på utholdenhetsprestasjonen. 3000 meter som mål for utholdenhet er også lett å gjennomføre for alle aldersgrupper, VO_{2max} er sterk indikasjon på folkehelse, men testene er en tøff fysisk påkjenning som ikke alle vil kunne gjennomføre.

Min forskning støtter også opp under sammenhengene som er funnet i tidligere forskning, der relasjonen mellom maksimal styrke og langrennsprestasjon understrekes. Et godt eksempel på hvilken type trening som forbedrer utøvers maksimale styrke kan være å trene tre til fem sett som består av to til fem repetisjoner, med fullt fokus på maksimal fyringsfrekvens i løftefasen. Det anbefales også at pausene er mellom to til fem minutter lange. Disse treningsprinsippene har vist forbedring av utøvers maksimale styrke samt arbeidsøkonomi (Sunde et al., 2010;2019; Østerås et al., 2002, Hoff et al., 1999).

Forskningen viser også til at akselerasjonsfasen i fristil langrenn spurt har en sterk sammenheng med den totale hurtighetsprestasjonen. Og dette har igjen en sterk sammenheng med tekniske ferdigheter og maksimal styrke (Sandbakk, 2011; Leirdal et al., 2011).

4.6 Framtidig forskning

Denne studien har gitt et lite innblikk i sammenhengen mellom akselerasjonsfase, prestasjon 3000 meter, styrke i overkropp og evne til gjentatte sprinter i fristil langrenn. Studiet fikk en del svakheter gjennom et lite utvalg, som ga en dårlig variabel for *fatigue*. Det kunne vært interessant om det ble forsket mer på sammenhengen mellom prestasjon 3000 meter løping, VO_{2max} og langrennsprestasjon. Forskningen gir også en indikasjon på at det kan forskes mye videre i påvirkningsgraden av de forskjellige segmentene i en spurtprestasjon. Det er tidligere forsket en del på hvilke fysiologiske faktorer som skiller prestasjonen i sprintkonkurranser. Det kunne også vært interessant å sett mer forskning rettet spesifikt mot langrennsspurt, både med og uten laktat til stede. Det er mye potensiale for intervensjonsstudier innenfor de samme temaene.

4.7 Konklusjon

De maksimale styrkevariablene (1 RM benkpress og 1 RM nedtrekk) korrelerte signifikant med hurtighetsprestasjon (70 meter) fristil rullleski. De maksimale styrkevariablene korrelerte sterkt med akselerasjonsfasen av hurtighetsdragene. Det ble også påvist en sterk sammenheng i hurtighetsprestasjonen og prestasjonene målt i akselerasjonsfasen.

5. Litteratur

Alcaraz, P.E., Carlos-Vivas, J., Oponjuru, B.O. et al. The Effectiveness of Resisted Sled Training (RST) for Sprint Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med* 48, 2143–2165 (2018). <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0947-8>

Allisse M, Bui HT, Desjardins P, Léger L, Comtois AS, Leone M. Assessment of On-Ice Oxygen Cost of Skating Performance in Elite Youth Ice Hockey Players. *J Strength Cond Res*. 2021;35(12):3466-3473. doi:10.1519/JSC.0000000000003324

Alsobrook, N. G., and Heil, D. P. (2009). Upper body power as a determinant of classical cross-country ski performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 105, 633–641. doi: 10.1007/s00421-008-0943-z

Anderson T. Biomechanics and running economy. *Sports Med*. 1996;22(2):76-89. doi:10.2165/00007256-199622020-00003

Andersson E, Supej M, Sandbakk Ø, Sperlich B, Stöggl T, Holmberg HC. Analysis of sprint cross-country skiing using a differential global navigation satellite system. *Eur J Appl Physiol*. 2010;110(3):585-595. doi:10.1007/s00421-010-1535-2

Antunes A, Domingos C, Diniz L, et al. The Relationship between VO₂ and Muscle Deoxygenation Kinetics and Upper Body Repeated Sprint Performance in Trained Judokas and Healthy Individuals. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(2):861. Published 2022 Jan 13. doi:10.3390/ijerph19020861

Bahenský P, Bunc V, Tlustý P, Grosicki GJ. Effect of an Eleven-Day Altitude Training Program on Aerobic and Anaerobic Performance in Adolescent Runners. *Medicina (Kaunas)*. 2020;56(4):184. Published 2020 Apr 16. doi:10.3390/medicina56040184

Bassett DR Jr, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(1):70-84. doi:10.1097/00005768-200001000-00012

Bergh U, Forsberg A. Influence of body mass on cross-country ski racing performance. *Med Sci Sports Exerc*. 1992;24(9):1033-1039.

Bergh U. The influence of body mass in cross-country skiing. *Med Sci Sports Exerc.* 1987;19(4):324-331.

Blagrove, R. C., Howatson, G., and Hayes, P. R. (2018). Effects of strength training on the physiological determinants of middle- and long-distance running performance: a systematic review. *Sports Med.* 48, 1117–1149. doi: 10.1007/s40279-017-0835-7

Bolton TB, Gordienko DV, Pucovský V, Parsons S, Povstyan O. Calcium release events in excitation-contraction coupling in smooth muscle. *Novartis Found Symp.* 2002;246:154-227. doi:10.1002/0470853050.ch12

Bond CW, Bennett TW, Noonan BC. Evaluation of Skating Top Speed, Acceleration, and Multiple Repeated Sprint Speed Ice Hockey Performance Tests. *J Strength Cond Res.* 2018;32(8):2273-2283. doi:10.1519/JSC.0000000000002644

Brattli VH, Hansen KL, Leirdal S. Folkehelsekompromisset [Public health compromise]. *Tidsskr Nor Laegeforen.* 2013;133(12-13):1291. doi:10.4045/tidsskr.13.0544

Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Developing maximal neuromuscular power: Part 1-- biological basis of maximal power production. *Sports Med.* 2011;41(1):17-38. doi:10.2165/11537690-000000000-00000

FIS. (2019) The international ski competition rules (ICR: book II cross-country. The

Grasaas, E. (2014) “The effects of poling on physiological, kinematic and kinetic responses in roller ski skating”

Haugen, T., Tonnessen, E., Hisdal, J., & Seiler, S. (2014). The role and development of sprinting speed in soccer. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(3), 432-441. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23982902>. doi:10.1123/ijsp.2013-0121

Haugnes P, Torvik PØ, Ettema G, Kocbach J, Sandbakk Ø. The Effect of Maximal Speed Ability, Pacing Strategy, and Technique on the Finish Sprint of a Sprint Cross-Country Skiing Competition. *Int J Sports Physiol Perform.* 2019;14(6):788–795. Published 2019 Jul 1. doi:10.1123/ijsp.2018-0507

Hébert-Losier K, Zinner C, Platt S, Stöggli T, Holmberg HC. Factors that Influence the Performance of Elite Sprint Cross-Country Skiers. *Sports Med.* 2017;47(2):319-342. doi:10.1007/s40279-016-0573-2

Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33(11), 1925-1931. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11689745>.

Helgerud, J., Høydal, K. L., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P. R., Bjerkaas, M., et al. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39, 665–671. doi: 10.1249/mss.0b013e3180304570

Hoff, J., Gran, A. & Helgerud, J. Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 12: 288 – 295, 2002

Hoff, J., Helgerud, J., & Wisloff, U. (1999). Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, 31(6), 870-877. [https://www.hindawi.com/journals/bmri/2013/589361/in humans](https://www.hindawi.com/journals/bmri/2013/589361/in%20humans). *Eur. J. Appl. Physiol.* 88 (3): 255 – 263.

Huang X, Wang G, Chen C, et al. Constructing a Talent Identification Index System and Evaluation Model for Cross-Country Skiers. *J Sports Sci.* 2021;39(4):368-379. doi:10.1080/02640414.2020.1823084

Ingjer, F. (1992). Development of maximal oxygen uptake in young elite male cross-country skiers: a longitudinal study. *J. Sports Sci.* 10, 49–63. doi: 10.1080/02640419208729906
International Ski Federation. Approved by the 51st international skicongress, Costa

Jobson, Simon A., Hopker, James G., Korff, Thomas, Passfield, Louis (2012) Gross efficiency and cycling performance: a review. *Journal of Science and Cycling*, 1 (1). pp. 3-8. ISSN 2254-7053. E-ISSN 2254-7053. (KAR id:43673)

Joyner, M. J. & Coyle, E. F. Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J. Physiol.* 586: 35 – 44, 2008

McArdle W, D. Katch Frank I. Katch Victor L. (2014) *Exercise Physiology Nutrition, Energy, and Human Performance*, Lippincott Williams And Wilkins

Kostikiadis IN, Methenitis S, Tsoukos A, Veligeas P, Terzis G, Bogdanis GC. The Effect of Short-Term Sport-Specific Strength and Conditioning Training on Physical Fitness of Well-Trained Mixed Martial Arts Athletes. *J Sports Sci Med.* 2018;17(3):348-358. Published 2018 Aug 14.

Larsson P, Henriksson-Larsén K. Body composition and performance in cross-country skiing. *Int J Sports Med.* 2008;29(12):971-975. doi:10.1055/s-2008-1038735

Leirdal S. (2011) “Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance”

Leirdal S. (2015) “The physiological and biomechanical differences between double poling and G3 skating in world class cross-country skiers.”

Leirdal, S., Sandbakk, Ø., & Ettema, G. (2013, June). Effects of frequency on gross efficiency and performance in roller ski skating. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(3), 295–302. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01379.x>

Losnegard T, (2019). “The influence of pole lengths on O₂-cost, kinematics, and performance in double poling at high speeds before and after a training period with long poles” *Eur J Appl Physiol*; 119(11-12):2579-2587. doi: 10.1007/s00421-019-04237-z. Epub 2019 Sep 30.

Losnegard, T. (2013). Physiological determinants of performance in modern elite cross-country skiing.

Losnegard, T., Mikkelsen, K., Ronnestad, B. R., Hallen, J., Rud, B., & Raastad, T. (2011). The effect of heavy strength training on muscle mass and physical performance in elite cross-country skiers. *Scand J Med Sci Sports*, 21(3), 389-401.

Losnegard, T., Myklebust, H., Hallen, J. (2012). Anaerobic capacity as a determinant of performance in sprint skiing. *Med Sci Sports Exerc*, 44(4), 673-681. max at 5-km competition velocity does not determine time performance at 5 km among Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *J.*

Maćkała K, Fostiak M, Kowalski K. Selected determinants of acceleration in the 100m sprint. *J Hum Kinet.* 2015;45:135-148. Published 2015 Apr 7. doi:10.1515/hukin-2015-0014

McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch V. L. (2010) *Exercise physiology*. 7th ed. Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins

Mende, E., Schwirtz, A., & Paternoster, F. K. (2019, December). The relationship between general upper-body strength and pole force measurements, and their predictive power regarding double poling sprint performance. *Journal of Sports science & Medicine*, 18(4), 798–804. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6873116/pdf/jssm-18-798.pdf>

- Mikkola J, (2010). “Determinants of a simulated cross-country skiing sprint competition using V2 skating technique on roller skis”. *J Strength Cond Res* 2010 Apr;24(4):920-8. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181cbaaaf.
- Nagahara R, Mizutani M, Matsuo A, Kanehisa H, Fukunaga T. Association of Sprint Performance With Ground Reaction Forces During Acceleration and Maximal Speed Phases in a Single Sprint. *J Appl Biomech.* 2018;34(2):104-110. doi:10.1123/jab.2016-0356
- Pate, R. R., and Kriska, A. (1984). Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance. *Sports Med.* 1, 87–98. doi: 10.2165/00007256-198401020-00001
- Pellegrini 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.* 2013;32(6):1415–1429.
- Perez J, Guilhem G, Brocherie F. Reliability of the force-velocity-power variables during ice hockey sprint acceleration. *Sports Biomech.* 2022;21(1):56-70. doi:10.1080/14763141.2019.1648541
- Rusko, H. (2007) The effect of training on aerobic power characteristics of young cross-country skiers <https://doi.org/10.1080/02640418708729782>
- Sagelv EH, Engseth TP, Pedersen S, et al. Physiological Comparisons of Elite Male Visma Ski Classics and National Level Cross-Country Skiers During Uphill Treadmill Roller Skiing. *Front Physiol.* 2018;9:1523. Published 2018 Nov 16. doi:10.3389/fphys.2018.01523
- Sandbakk O, Ettema G, Leirdal S, Holmberg HC. Gender differences in the physiological responses and kinematic behaviour of elite sprint cross-country skiers. *Eur J Appl Physiol.* 2012 Mar;112(3):1087-94. doi: 10.1007/s00421-011-2063-4. Epub 2011 Jul 12. PMID: 21748369; PMCID: PMC3276766.
- Sandbakk O, Ettema G, Leirdal S, Jakobsen V, Holmberg HC. Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance. *Eur J Appl Physiol.* 2011 Jun;111(6):947-57. doi: 10.1007/s00421-010-1719-9. Epub 2010 Nov 16. PMID: 21079989; PMCID: PMC3092926.
- Sandbakk Ø, (2016). “How Do World-Class Nordic Combined Athletes Differ from Specialized Cross-Country Skiers and Ski Jumpers in Sport-Specific Capacity and Training

Characteristics?”, *Int J Sports Physiol Perform* 899-906. doi: 10.1123/ijsp.2015-0285. Epub 2016 Aug 24

Sandbakk Ø, Holmberg HC, Leirdal S, Ettema G. Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world class and national level sprint skiers. *Eur J Appl Physiol*. 2010 Jun;109(3):473-81. doi: 10.1007/s00421-010-1372-3. Epub 2010 Feb 12. PMID: 20151149.

Sandbakk Ø, Holmberg HC, Leirdal S, Ettema G. The physiology of world-class sprint skiers. *Scand J Med Sci Sports*. 2011 Dec;21(6):e9-16. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01117.x. Epub 2010 May 24. PMID: 20500558.

Sandbakk Ø, Welde B, Holmberg HC. Endurance training and sprint performance in elite junior cross-country skiers. *J Strength Cond Res*. 2011;25(5):1299-1305. doi:10.1519/JSC.0b013e3181d82d11

Sandbakk Ø. (2013) “The physiological and biomechanical contributions of poling to roller ski skating”

Sandbakk, Ø, Sandbakk, S. B., Ettema, G., and Welde, B. (2013). Effects of intensity and duration in aerobic high-intensity interval training in highly training junior cross-country skiers. *J. Strength Cond. Res.* 27, 1974–1980. doi: 10.1519/jsc.0b013e3182752f08

Sandbakk, Ø, Welde, B., and Holmberg, H. C. (2010). Endurance training and sprint performance in elite junior cross-country skiers. *J. Strength Cond. Res.* 25, 1299–1305. doi: 10.1519/jsc.0b013e3181d82d11 satellite system. *Eur J Appl Physiol*. 2010;110(3):585–595

Sjödín RA. Transport of electrolytes in muscle. *J Membr Biol*. 1982;68(3):161-178. doi:10.1007/BF01872262Det

Støa, E. M., Støren, Ø., Enoksen, E., & Ingjer, F. (2010). Percent utilization of VO₂

Stöggl R, Müller E, Stöggl T. Motor abilities and anthropometrics in youth cross-country skiing. *Scand J Med Sci Sports*. 2015;25(1):e70-e81. doi:10.1111/sms.12254

Stöggl T, Müller E, Lindinger S. Biomechanical comparison of the double-push technique and the conventional skate skiing technique in cross-country sprint skiing. *J Sports Sci*. 2008;26(11):1225-1233. doi:10.1080/02640410802027386

Støren, O., Helgerud, J., Støa, E. M., and Hoff, J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 40, 1087–1092. doi: 10.1249/MSS.0b013e318168da2f

Støren, Ø., Helgerud, J. & Hoff, J. Running stride peak forces inversely determine running economy in elite runners. *J. Strength Cond. Res.* 25(1): 117 – 123, 2011.

Sunde, A., Johansen, J.-M., Gjøra, M., Paulsen, G., Bråten, M., Helgerud, J., et al. (2019). Stronger is better: The impact of upper-body strength in double poling performance. *Front. Physiol.* 10:1091.

Sunde, A., Støren, O., Bjerkaas, M., Larsen, M. H., Hoff, J., and Helgerud, J. (2010). Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *J. Strength Cond. Res.* 24, 2157–2165. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181aeb16a

Sunde, Arnstein¹; Støren, Øyvind^{1,2}; Bjerkaas, Marius¹; Larsen, Morten H¹; Hoff, Jan^{2,3}; Helgerud, Jan^{2,4} Maximal Strength Training Improves Cycling Economy in Competitive Cyclists, *Journal of Strength and Conditioning Research*: August 2010 - Volume 24 - Issue 8 - p 2157-2165 doi: 10.1519/JSC.0b013e3181aeb16a

Trøen E & Paulsen G, (2020) «Pole Length's Influence on Performance During Classic-Style Snow Skiing in Well-Trained Cross-Country Skiers” *Int J Sports Physiol Perform* :15(6):884-891. doi: 10.1123/ijsp.2019-0310. Print 2020 Jul 1.

Vesterinen, V., Mikkola, J., Nummela, A., Hynynen, E., and Häkkinen, K. (2009). Fatigue in a simulated cross-country skiing sprint competition. *J. Sports Sci.* 27, 1069–1077. doi: 10.1080/02640410903081860

Zory R, Millet G, Schena F, Bortolan L, Rouard A. Fatigue induced by a cross-country skiing KO sprint. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(12):2144-2150. doi:10.1249/01.mss.0000235354.86189.7e

Østerås, H., Helgerud, J., and Hoff, J. (2002). Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 88, 255–263. doi: 10.1007/s00421-002-0717-y

Aagaard, P., & Andersen, J. L. (2010). “Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes”. (Report). *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20, 39.

Åstrand, P.-O., & Rodahl, K. (2003). Textbook of work physiology: physiological bases of exercise (4th ed. utg.). Champaign, Ill: Human Kinetics.

Vedlegg 1:

SAMTYKKESKJEMA

Det gjennomføres et masterprosjekt ved Universitet i Sørøst-Norge (avdeling Bø) som har til hensikt å se på sammenhenger mellom segmenter i spurtsekvenser og andre fysiologiske faktorer.

Målet med forskningen er å analysere en rekke fysiologiske faktorer og se hvordan de påvirker prestasjonen i en akselerasjonsfase og en spurtprestasjon.

Vi ønsker derfor å benytte den dataen vi får samlet inn ved testing av juniorløpere i Telemark.

Alle resultater vil være aidentifiserte, det vil si at navn på deltakere vil bli anonymisert i oppgaven.

Jeg godkjenner med dette at resultater fra fysiske tester og sprintmålinger kan benyttes aidentifisert i denne oppgaven.

Kontakt info: email: torbjorn.re@outlook.com, tlf: 90630515

Sted og Dato:

Sted og Dato:

Navn:

Navn:

Signatur masterstudent USN

Signatur forskningsutøver USN