

Eivind Øygard

Ei morgonøkt med tung styrke påverkar ikkje stakeprestasjonen på ettermiddagen

Masteroppgåve i idrettsvitenskap
Seksjon for fysisk prestasjonsevne
Norges idrettshøgskole, 2019

Samandrag

Innleiing: Det er vanleg praksis innanfor fleire uthaldsidrettar å utføre ein form for tidleg oppvarming på morgonen for å førebu kroppen til konkurranse fleire timar seinare. Nokre studiar har vist at morgonøktar med høg intensitet og lågt volum, som styrke-, sprint-, eller spensttrening kan betre kraftutvikling, maksimal styrke og hurtigheit 2-6 timar seinare, medan få undersøkingar er gjort på om slike morgonøktar kan betre prestasjonen i uthaldsidrettar.

Hensikta med prosjektet var å undersøke om ei morgonøkt (5 timar før test) bestående av tung styrketrening påverka prestasjonen i staking på rulleski.

Metode: Åtte langrennsløparar ($\text{♂} = 7$, $\text{♀} = 1$) vart rekruttert (22 ± 4 år, $70,4 \pm 7,8$ kg, 182 ± 9 cm, $67,1 \pm 5,9$ mL · kg⁻¹ · min⁻¹). Basert på eit counterbalanced crossover design, gjennomførte forsøkspersonane (FP) ei morgonøkt (< kl. 08:00) bestående av anten tung styrketrening med lågt volum (knebøy og sitjande overtrekk: 3 x 3 repetisjonar; motstand: 5 repetisjonar maksimum (RM)) (*Styrke*) eller ingen aktivitet (*Kvile*). Fem timar seinare (< kl. 13:00) gjennomførte FP ein testprotokoll bestående av «counter-movement jump» (CMJ) på kraftplattform, O₂-kostnad i staking, 30 m rulleskisprint i staking før og etter ein tid-til-utmattningstest (TTU; ~2-4 min), samt elektrisk stimulering av m. vastus medialis. Dagsform og klarheit for prestasjon vart også registrert.

Resultat: FP staka $4,4 \pm 5,9$ % (95 % KI) lenger på TTU ved *Styrke*, men betringa var ubetydeleg og ikkje signifikant ($p = 0,23$; ES: 0,19). Det var heller ingen signifikante eller meiningsfulle skilnadar mellom *Kvile* og *Styrke* ved CMJ på kraftplattform, 30 m rulleskisprint i staking før og etter TTU, O₂-kostnad eller psykologiske parametarar ($p > 0,05$).

Konklusjon: Ei morgonøkt bestående av tung styrke påverka ikkje prestasjonen i staking 5 timar seinare. Morgonøkta påverka heller ikkje CMJ, O₂-kostnaden i staking eller psykologiske parametarar, noko som indikerer at ein kan legge inn slike morgonøktar på konkurransedagar utan at det går utover prestasjonsevna.

Innhald

Samandrag	3
Innhald	5
Føreord	8
1. Innleiing	9
1.1 Problemstilling	11
1.2 Hypotese.....	11
2. Teori	12
2.1 Effekten av morgonøktar på prestasjon > 2 timar seinare.....	12
2.1.1 Føreslegne forklaringsmekanismar.....	14
2.1.2 Studiar som har undersøkt effekten av morgonøktar på kraft-, effekt- og hurtigheitsutvikling.....	17
2.1.3 Studiar som har undersøkt effekten av morgonøktar på prestasjonstestar som stiller krav til aerob og anaerob kapasitet	18
2.1.4 Restitusjon etter morgonøktar.....	20
2.2 Morgonøktar på konkurransedag i langrenn.....	22
2.3 Karakteristikkar sprintlangrenn.....	23
2.4 Prestasjonsbestemmande faktorar i uthaldsidrettar	24
2.4.1 Maksimalt oksygenopptak	25
2.4.2 Utnyttingsgrad	26
2.4.3 Arbeidsøkonomi og mekanisk effektivitet.....	27
2.4.4 Anaerob kapasitet	28
2.5 Effekten av auka styrke på prestasjon i staking	29
2.5.1 Forklaringsmekanismar bak effekten av auka maksimal styrke på langrennsprestasjon.....	29
3. Metode	31
3.1 Deltakarar.....	31
3.1.1 Treningsstatus og konkurranserutinar.....	31
3.2 Eksperimentelt design	32
3.2.1 Tilvenning.....	33
3.2.2 Pretestar	34
3.3 Testprosedyrar hovudtestdag	38
3.3.1 Morgonøkt	39
3.3.2 Hovudtestprotokoll – ettermiddagstestar	40
3.4 Databehandling	45

3.5	Statistikk.....	45
4.	Resultat.....	47
4.1	Countermovement jump	47
4.2	Tid til utmatting – prestasjonstest staking stormølle	48
4.2.1	Temporale karakteristikkar	48
4.3	30m staking.....	49
4.4	Submaksimal O ₂ -kostnad.....	49
4.5	Psykologiske parametrar.....	50
4.6	Elektrisk stimulering	51
4.7	Rekkefølgeeffektar	52
4.8	Reliabilitet.....	53
5.	Diskusjon	54
5.1	Effekten av morgonøkt på stakeprestasjon	54
5.1.1	TTU	54
5.1.2	30m stakesprint.....	56
5.1.3	Effekten av auka styrke på stakeprestasjon	58
5.2	Effekten av morgonøkt på CMJ	58
5.3	Avgrensingar ved studien.....	62
5.3.1	Design og hovudtestprotokoll.....	62
5.3.2	Forsøkspersonar	63
5.4	Praktisk bruk	64
6.	Konklusjon.....	66
	Referansar.....	67
	Tabelloversikt	81
	Figuroversikt.....	82
	Forkortingar	84
	Vedlegg I	86

Føreord

Denne oppgåva avsluttar eit lærerikt og spesielt år der eg har kombinert masteroppgåva med ny idrettslærarjobb i Sogndal og aktiv løpskarriere på nokolunde greitt nivå. Som aktiv utøvar har det vore kjekt å studere eit tema som eg sjølv har undersøkt mykje i praksis. Med mange ballar i lufta har det til tider vore utfordrande å strukturere kvardagen, men med hjelp frå mange personar rundt meg kom eg meg i mål til slutt!

Først og fremst må eg få takke alle deltakarane som var med i prosjektet. Mekan til hyggelege, engasjerte, pålitelege og fleksible forsøkspersonar skal ein leite lenger etter! Som vekependlar hadde eg avgrensa dagar i veka til testing, og utan dykkar fleksibilitet hadde det vore umogleg å få unnagjort testinga i haust.

Tusen takk til mine rettleiarar, hovudrettleiar Thomas Losnegard og rettleiar Bjarne Rud. Som «fjernstudent» har eg diverre ikkje fått stikke innom kontora dykkar så ofte som håpa, men de har begge vist eit stort engasjement for meg som student og har alltid vore tilgjengelege ved spørsmål, både munnleg og via mail. Utan kunnskapen, opplæringa og tilbakemeldingane dykkar hadde denne oppgåva aldri blitt til! Gøran Paulsen og Truls Raastad fortener også ein takk for konstruktive innspel på møta vi har hatt. Takk til Svein Leirstein for opplæringa i fysiologiske testar. Stor takk også til Ove Sollie for god samkøyring inne på laben der du justerte testtidspunktet dine mange gongar for at det skulle passe for meg! Magne Lund Hansen fortener også ein stor takk for all hjelp og alle tips i samband med testinga.

Even Brøndbo Dahl er kanskje den som veit best korleis eg har hatt det siste året. Du har slept unna pendlinga, men elles har ny jobb og aktiv karriere tatt mykje merksemd for deg også. Det blir ei glede å sjå framgangen din på løpsbana framover og å vonlegvis dele sigerspallen med deg i sommar. Det blir spennande å sjå kven som får det største formløftet no som masteren er levert! Takk for all hjelp.

Til slutt må eg takke familien min for at eg har hatt ein ekstra mellombels stad å bu og for at eg har fått gjort om kjøkken, stove og godstol til masterarbeidsplass siste halvåret.

Eivind Øygard,
NIH, Mai, 2019

1. Innleiing

Innan toppidretten er det ofte tidelar og sekund som er skilnaden på gull og fjerdeplass. Eliteutøvarar innan sprintlangrenn og andre idrettar jobbar hardt for å fremje prestasjonsevna, og både utøvarar og trenarar prøvar heile tida å påverke og optimalisere faktorar som kan betre prestasjonen. Det meste av fokuset ligg på å trene systematisk for å vere i best mogleg form i dei viktigaste konkurransane sidan utøvarens ferdigheiter hovudsakleg bestemast av treningsarbeidet som har blitt lagt ned. Trass i dette, så har det i nyare forskning vore eit auka fokus på ulike strategiar som kan fremje prestasjonsevna på sjølve konkurransedagen.

Den vanlegaste strategien for å betre prestasjonsevna på konkurransedag er aktiv oppvarming. Det er allment akseptert og godt dokumentert at oppvarming før konkurransar og trening er viktig for å betre prestasjonsevna (Bishop, 2003a, b; McGowan, Pyne, Thompson & Rattray, 2015).

I tillegg til tradisjonell oppvarming, så er det vanleg praksis innanfor fleire uthaldsidrettar å utføre ein form for tidleg oppvarming på morgonen for å «få i gang» kroppen før ein konkurranse fleire timar seinare. Effekten av morgonøktar på prestasjon har derimot ikkje blitt undersøkt nøye. Dei seinare åra har nokre studiar sett på om ei morgonøkt med styrke eller andre aktivitetsformer med høg intensitet kan betre prestasjonen 2-6 timar seinare.

Dei fleste eldre studiar har undersøkt effekten av morgonøktar på kraftutvikling, der maksimal styrke, effektutvikling i beina eller hurtigheit har blitt brukt som prestasjonsmål. Desse studiane har funne at styrketrening med relativt lågt volum og høg motstand (> 80 % 1 repetisjon maksimum (RM)) kan fremje kraftutvikling (Cook, Kilduff, Crewther, Beaven & West, 2014; Ekstrand, Battaglini, McMurray & Shields, 2013; Fry, Stone, Thrush & Fleck, 1995; de Villarreal, Gonzalez-Badillo & Izquierdo, 2007). Morgonøktar som er spesifikke for ettermiddagsøktar, som sprintløp, spenst, ballspelsekvensar og symjing i variert intensitet, har både vist prestasjonsfremjande effekt (McGowan, Pyne, Thompson, Raglin & Rattray, 2017; Russell et al., 2016) eller ingen effekt på prestasjon (Marrier et al., 2018; Oh et al., 2018). Fleire av desse studiane har derimot nytta korte oppvarmingsprotokollar før ettermiddagstestane, som antakeleg

kan auke sannsynet for at ein finn effektar av morgonøktar på ettermiddagsprestasjon.

Få undersøkingar er gjort på kor vidt ei morgontreningsøkt kan betre prestasjonen i uthaldsidrettar og idrettar med komplekse rørsleløysingar fleire timar seinare. Vidare finst det lite informasjon om morgonøktar har same effekt på overkroppen som på beina, noko som vil vere viktig informasjon for idrettar der overkroppen er sentral for prestasjonsevna, som i langrenn, symjing, kajakk og roing. Ein nyare studie av McGowan et al. (2017) har vist at morgonøktar kan betre prestasjonen på 100 m symjing hjå godt trena juniorsymjarar. Nokre studiar har også indikert at morgonøktar bestående av styrketrening for overkroppen kan gi like god eller betre effekt for overkroppen samanlikna med beina (Ekstrand et al., 2013; Gonzalez-Badillo et al., 2016; Mason, Argus, Norcott & Ball, 2016; Tsoukos, Veligekas, Brown, Terzis & Bogdanis, 2018). Nyare studiar har også undersøkt effekten av spesifikke morgonøktar på ballspesifikke uthaldstestar. Desse studiane har derimot ikkje funne noko prestasjonsfremjande effekt av morgontrening, men undersøkingane er blitt gjort på ballspelutøvarar med varierende treningsgrunnlag (Marrier et al., 2018; Oh et al., 2018; Rampinini et al., 2017).

Dei underliggende mekanismane som kan forklare ei eventuell prestasjonsbetring er uklare, og tidlegare studiar har berre sett på nokre psykologiske (Fry et al., 1995), hormonelle (Cook et al., 2014; Marrier et al., 2018; Oh et al., 2018; Rampinini et al., 2017; Russell et al., 2016) og temperatur-regulerte mekanismar (McGowan et al., 2017; Rampinini et al., 2017) som moglege forklaringsmekanismar, utan at dei har funne eintydige svar.

Sidan mange toppidrettsutøvarar innan langrenn og andre uthaldsidrettar nyttar ein form for morgonøkt same dag som konkurranse, så er dette ei problemstilling det er verdt å sjå nærare på. Med bakgrunn i mangelfull forskning om effekten av morgonøktar på uthaldsprestasjon med varigheit > 1 min hjå uthaldsutøvarar, er det difor interessant og naudsynt å undersøke dette. Tung styrketrening (3-6 RM) med lågt volum på morgonen har som nemnd vist seg å kunne gi positiv effekt på prestasjon 4-6 timar seinare, og det kan tenkast at denne effekten også kan gjere seg gjeldande på prestasjonen i sprintlangrenn.

Føremålet med denne studien er difor å undersøke effekten av ei morgonøkt bestående av tung overkroppps- og beinstyrke med lågt volum på stakeprestasjon med ein varigheit på ~2-4 min. Studien vil også undersøke effekten av ei slik økt på akselerasjons-hurtigheit i staking og kraft- og effektutvikling i beina.

1.1 Problemstilling

Betrast stakeprestasjonen på rulleski og effektutviklinga i beina på ettermiddagen dersom det gjennomførast ei styrkeøkt på morgonen?

1.2 Hypotese

Følgjande hypotesar blei formulert frå problemstillinga:

H₀: Stakeprestasjonen på rulleski og effektutviklinga i beina betrast ikkje etter ei morgonøkt med styrke.

H₁: Stakeprestasjonen på rulleski og effektutviklinga i beina betrast etter ei morgonøkt med styrke.

2. Teori

2.1 Effekten av morgonøkter på prestasjon > 2 timar seinare

Det er per i dag publisert ni artiklar og eitt samandrag som matchar inklusjonskriteriane for denne studien. Alle studiane har undersøkt effekten av morgonøkter (øktstart < kl. 10:00) på ulike prestasjonsmål mellom 2 og 6 timar seinare. Alle studiane er «crossover»-studiar med kvile som kontrollvilkår og er presentert i tabell 1 og i teksten under.

Dei inkluderte studiane har nytta ulike morgonøkter, der dei fleste eldre studiar har undersøkt effekten av ei morgonøkt med styrke-, spenst- eller sprinttrening på kraftutvikling, effektutvikling (spenst) eller hurtigheitsutvikling 4-6 timar seinare (Cook et al., 2014; Ekstrand et al., 2013; Fry et al., 1995; Russell et al., 2016; de Villarreal et al., 2007; Woolstenhulme, Bailey & Allsen, 2004). Nyare studiar har også undersøkt effekten av spesifikke morgonøkter på prestasjonstestar 2-6 timar seinare som stiller store krav til aerob og/eller anaerob kapasitet (Marrier et al., 2018; McGowan et al., 2017; Oh et al., 2018; Rampinini et al., 2017; Woolstenhulme et al., 2004). Dei fleste studiane har hatt relativt godt til svært godt trena forsøkspersonar (FP).

Tabell 1: Tidlegare studiar som har undersøkt effekten av morgonøkter på prestasjon og moglege forklaringsmekanismar på prestasjon 2-6 timar seinare.

Studie	Idrett	FP	Morgonøkt	P (t)	Ettermiddagstest	Resultat (mot Kvile)
Fry et al. (1995)	Vektløfting	19M Juniorelite. Fleire års styrkeerfaring.	5x3 CP + 3x3 rykkdrag på 85% av 1RM	5,5	Støt, rykk, VJ.	Betra støt (5,3%), rykk (6%) og VJ (4,6%) for «responders». Ingen skilnad for gruppa som heilskap.
Woolstenhulme et al. (2004)	Basketball	18K. College. 6mnd styrkeerfaring.	3x5 RM støt frå bryst + 3-4x8-12RM benkpress, knebøy, skråbenk, skulderpress og hamstringcurl	6	VJ, Wingate.	Ingen skilnad

De Villarreal et al. (2007)	Volleyball	12M. Aktive. 2-4 års styrkeerfaring.	a) 3x5 hopp m/vekt b) 2x4 80% 1RM + 2x2 85% 1RM knebøy c) 2x4 80% 1RM + 2x2 90% 1RM + 2x1 95% 1 RM knebøy d) 3x5 fallhopp e) 2min drill + 3x5 + 1x10 plyo. Hopp f) 3x5 30% 1 RM knebøy	6	CMJ m/u vektvest, fallhopp	a) Tendert betra fallhopp og CMJ m/vektvest b, c og e) Tendert betra fallhopp. Elles ingen skilnad.
Ekstrand et al. (2013)	Friidrett kast	7M, 7K. Nasjonalt nivå. ≥ 1 års styrkeerfaring.	Knebøy til utmatting + 4x vending maks mobilisering	5	Liakov, VJ (vertec)	Betra liakov (2,6%)
Cook et al. (2014)	Rugby	18M. Semiprofesjonell. ≥ 3 års styrkeerfaring.	a) 5x40m løp. P:60s b) 3x3 50-80-100% 3RM knebøy og benkpress	6	3RM benkpress, 3RM knebøy, CMJ PO, 3x40m	a) Betra 40m (0,8%), høgast testosteron (ingen reduksjon). b) Betra CMJ PO (2,7%), 3x40m (1,3%), benkpress (3,6%) og knebøy (4,2%)
Russel et al. (2016)	Rugby	15M. Elite. Uviss styrkeerfaring.	a) 5x10 benkpress 75% 1 RM b) 6x6s sykling max. P: 54s. c) 6x40m løp max. P: 20s.	5	CMJ, RSP, hormon	a) Betra RSP første 2. Mindre testosteronreduksjon b) Betra CMJ (+2,3%). Mindre testosteronreduksjon c) Betra RSP første 2. Betra CMJ (3,9%). Minst testosteronreduksjon
McGowan et al. (2017)	Symjning	7M, 6K. Juniorelite.	a) 1200m svøm variert intensitet inkl 4x30m 80-90% max + 4x25m 90-100% max. P: 60s. b) a + generelle hopp-, sprint- og styrkeøvingar på land	6	100m fri, temperatur	a) Betra 100m (+1,6%) b) Betra 100m (1,7%).
Rampini et al. (2017)	Fotball	12M. Junior.	a) 6x40m løp max. P: 20s. b) 4x10s raske halvbøy, P: 20s + 6x25m (5m stignedrill + 20m max). P: 20s.	6	MVC, RTD, CMJ, YYIR2, sprint, temperatur, hormon	a) Auka testosteron (11,6%) og RPE. Redusert CMJ (-1,4%) og YYIR2 (-7,1%) b) Auke RPE. Tendert auka RTD (4,3%) og YYIR2 (+6,5%). Ingen skilnad temperatur, MVC, sprint

Oh et al. (2018)	Fotball	12M. Amatør.	a) 60min. 4x90s 2vs2-spel liten bane. P: 3min. + 3x5x10m max. P: 30s. SP: 120s. b) 60min. 4x180s 2vs2-spel stor bane. P: 3min. 3x5x20m. P: 30s. SP: 120s.	5	Bangsbo test	Ingen skilnad
Marrier et al. (2018)	Rugby	14M. Juniorelite.	30min. SL + 4vs3-spel + 2x50m max.	2	6x30m, 7ar-kamp rugby (2x7min, P:2min)	Tendert kortare tilbakelagt distanse og færre akselerasjonar under kamp
Dahl (upubl.)	Friidrett løp	8M. Regionalt til nasjonalt nivå.	a) 15min løp 60-75% HFmax inkl. 4x15s drag (21-24km/t) b) 2x3 110° eittbeins isokinetisk knebøy på 100% av 3RM.	6	TTU (~1-3min), CMJ, el.stim. v. medialis, LØ	Ingen skilnad

K: kvinne, M: mann, CMJ: countermovement jump, CP: clean pull, el.stim: elektrisk stimulering, HFmax: maks hjartefrekvens, k: kvinne, LØ: løpsøkonomi, m: mann, MVC: max voluntary contraction, P: pause, plyo: plyometrisk, PO: power output, SP: seriepause, RM: repetisjon maksimum, RPE: rate of perceived exertion, RTD: rate of torque development, TTU: tid til utmatting, v. medialis: m. vastus medialis, VJ: vertikalt hopp, YIYR2: yoyo intermittent recovery test level 2,

Det er også publisert fleire relevante restitusjonsstudiar som undersøker restitusjonen etter morgonøktar beståande av styrke ved hjelp av ulike prestasjonsmål som «countermovement jump» (CMJ). Felles for desse er at dei anten manglar eit kontrollvilkår (Raastad & Hallén, 2000), eller ikkje har samanlikna resultata med ei kvilande kontrollgruppe. Studiar som nyttar prestasjonstestar til baselinemålingar har også blitt ekskludert (Mason et al., 2016), ettersom slike testar kanskje kan fungere som ei morgonøkt. Til saman gjer dette det vanskeleg å kontrollere om den eventuelle prestasjonsbetringa skuldast morgonøkta, eller om betringa skuldast andre variablar som døgnvariasjon. Studiane gir likevel nyttig informasjon om styrketrening og restitusjon, og gir informasjon om kva morgonøktar som kanskje ikkje fungerer og forslag til potensielle forklaringsmekanismar.

2.1.1 Føreslegne forklaringsmekanismar

Mekanismane bak ei eventuelt betra prestasjonsevne som følgje av ei morgonøkt er usikre. Dei fleste studiar som har studert effekten av morgonøktar på prestasjon har undersøkt hormona testosteron og kortisol sin samanheng med betra prestasjonsevne (Cook et al., 2014; Marrier et al., 2018; Oh et al., 2018; Russell et al., 2016). Elles har

psykologiske (Fry et al., 1995) og temperaturrelaterte forklaringsmekanismer blitt undersøkt (McGowan et al., 2017; Rampinini et al., 2017).

Psykologiske forklaringsmekanismer

Det er godt dokumentert at ei enkelt treningsøkt kan redusere stressnivået og lindre symptom som er assosiert med angst (Basso & Suzuki, 2017). Morgontrening si potensielle angstreduserende effekt vart allereie i 1995 føreslege som ein mogleg forklaring bak betra prestasjonsevne på ettermiddagen (Fry et al., 1995).

Morgontrening kan også fungere som ei økt der utøvarar førebur seg mentalt til konkurranse. Slik sett kan morgonøkta fungere som ein konkurransedagsrutine der utøvaren finn eit passande spenningsnivå. Kvalitative analysar har konkludert med at gode konkurransedagsrutinar er noko som kjenneteiknar suksessfulle olympiarar (Orlick & Partington, 1987; Taylor, Gould & Rolo, 2008). Det har vidare blitt føreslege at oppvarming kan fremje prestasjonsevna ved å betre konsentrasjonen (Shellock & Prentice, 1985). Dette er hovudsakleg positive vinstar av vanleg oppvarming rett før konkurranse, men det kan tenkast at ei tidleg oppvarming vil gje same vinst i form av at ein er betre mentalt førebudd for å prestere.

Hormonelle forklaringsmekanismer

Testosteron er eit hormon med betydeleg døgnvariasjon der nivåa er på topp om morgonen, etterfølgt av ein gradvis reduksjon utover dagen (Guignard, Pesquies, Serrurier, Merino & Reinberg, 1980; Kraemer et al., 2001). Trening aukar testosteronkonsentrasjonen akutt hjå menn, medan studiar viser ulike funn hjå kvinner (Kraemer & Ratamess, 2005). Testosteron er assosiert med betra nevro-muskulær kapasitet og auka maksimal styrke (Cook & Crewther, 2012; Cook et al., 2014; Kraemer & Ratamess, 2005) og stimulerer aggresjon og motivasjon (Henry, 1992).

Det har blitt føreslege at ei morgonøkt kan minske reduksjonen i testosteronnivå i løpet av dagen, og at dette kan fremje den fysiske prestasjonsevna fleire timar seinare (Cook et al., 2014; Russell et al., 2016). Denne teorien er derimot tvilsam på fleire måtar. For det første er det uvisst om treningsøkter kan endre døgnvariasjonen til testosteron. Kraemer et al. (2001) undersøkte effekten av ei styrkeøkt på morgonen (10 øvingar, 3 x 10 RM) på døgnvariasjonen til testosteron hjå styrketrena menn og fann ingen skilnad.

Det er også uvisst om testosteronnivå er direkte relatert til ei betra prestasjonsevne, eller om nivåa berre er ein reflektiv markør. Det ser vidare ut som at testosteronkonsentrasjonen er tilbake til normalverdiar 1 time etter tung styrketrening (Kraemer & Ratamess, 2005). Visualisering av ei konkurranse eller motiverande tilbakemeldingar vil til dømes kunne auke testosteronnivået akutt (Cook & Crewther, 2012). Dette kan bety at testosteronnivået kanskje heller er eit resultat av at ein er mentalt klar for å prestere maksimalt, og ikkje eit resultat av at ein har hatt ei morgonøkt eller ikkje.

Temperaturregulerte mekanismar

Auka muskel- og kjernetemperatur påverkar fleire viktige fysiologiske prosessar som i teorien kan fremje prestasjonen i uthaldsidrettar med kort varigheit. Auka enzymaktivitet i arbeidande musklar, auka nerveleidningshastigheit, ei høgareforskyving av hemoglobinet si dissosiasjonskurve, omdistribuering av blodstraumen til arbeidande musklar og nedsett stivheit i sener og musklar har blitt sett på som dei viktigaste temperaturregulerte faktorane som kan ha betydning for prestasjonsevna i uthaldsidrettar (Bishop, 2003a; Racinais, Cocking & Periard, 2017). Allereie i 1945 viste Asmussen & Boje (1945) at auka kroppstemperatur kunne fremje effektiviteten til muskelarbeidet, og i nyare tid har studiar vist at ei auka muskeltemperatur på 1 °C kan betre den fysiske prestasjonen med 2-5 % avhengig av kva muskelarbeid som blir utført (Bergh & Ekblom, 1979; Racinais & Oksa, 2010). Ein studie av Kilduff, West, Williams og Cook (2013) har tidlegare rapportert at ei auka kroppstemperatur på berre 0,3 grader også kan fremje maksimal effektutvikling i CMJ og sprintprestasjon hjå profesjonelle rugbyspelarar. Energiomsetjinga kan vere forhøga med ~9 % i opptil 15 timar etter trening, avhengig av kor lang og intensiv økta er (Melby, Scholl, Edwards & Bullough, 1993). Dette kan vere med på å forklare den auka kropps- og kjerne-temperaturen som blei målt fleire timar etter den eine morgonøkta i McGowan et al. (2017) sin studie på symjing.

Nevromuskulære forklaringsmekanismar

Ei etteraktiveringseffekt («Post activation potentiation» (PAP)), som inneberer ei auka kontraktilitet i muskulaturen 1-24 min etter eksplosiv- og maksimal styrketrening (Seitz & Haff, 2016), har også blitt føreslege som ein mogleg forklaringsmekanisme. Dei to mest føreslegne mekanismane bak prestasjonsfremjing gjennom PAP har vore assosiert med fosforylering av dei lette, regulatoriske myosinhovuda (Sale, 2002) og ei auka

rekruttering av dei motoriske høgterskeleiningane (Hodgson, Docherty & Robbins, 2005).

Noko evidens viser at fleire nevrane mekanismar også kan gi meir langvarig effekt. Dette inkluderer auka aktivering av det sentrale nervesystemet (Young, Jenner & Griffiths, 1998) og redusert refleksinhibering (Rosenbaum & Hennig, 1995), som i teorien kan auke den maksimale styrken og rate of force development (RFD).

Varigheita av desse effektane er derimot usikre ettersom studiar viser at effektane byrjar å forsvinne gradvis 8 min etter eit PAP-stimulus (Kilduff, 2008). De Villarreal et al. (2007) viste likevel i sin studie at fleire av morgonøktene som betra prestasjonen i ulike hoppøvingar 5 min etter oppvarming, også betra prestasjonen 6 timar seinare.

2.1.2 Studiar som har undersøkt effekten av morgonøktar på kraft-, effekt- og hurtigheitsutvikling

Inspirert av sovjetiske vektløftarstudiar på 70-talet, så gjennomførte Fry et al. (1995) den første publiserte studien som undersøkte effekten av ei morgonøkt på prestasjon med kvile som kontrollvilkår. Nitten mannlege juniorvektløftarar gjennomførte ei styrkeøkt bestående av 3 x 5 rykkdrag og 3 x 3 støttdrag på 85 % av 1 RM 5 timar før ein vektløftingskonkurranse og vertikal hoppstest. Studien fann ingen skilnad mellom dei ulike vilkåra (styrketrening vs. kvile) for gruppa som heilskap, der seks av utøvarane presterte betre med morgonøkt. Desse seks utøvarane skilde seg frå dei andre utøvarane ved at dei hadde eit høgare angstnivå i utgangspunktet. Forskarane postulerte difor at dei psykologiske effektane av ei tidleg treningsøkt kan gi ei prestasjonsfremjande effekt fleire timar seinare for utøvarar med høgt angstnivå, og kanskje spesielt i teknisk krevjande idrettar der eit optimalt aktiveringsnivå sannsynlegvis er viktig (Fry et al., 1995). Ekstrand et al. (2013) hadde liknande funn i sin studie på kastarar på nasjonalt nivå. Her gav ei styrkeøkt bestående av knebøy til utmatting og vendingar med maks mobilisering signifikant betring i den komplekse kastøvinga liakov (2,6 %), men ikkje i vertikalt hopp.

De Villarreal et al. (2017) undersøkte effekten av sju ulike morgonøktar på ulike hoppstestar hjå tolv mannlege volleyballspelarar i spansk 1. divisjon. Morgonøktene inneheldt 10 min løping på låg intensitet i tillegg til ulike kombinasjonar av knebøy med tung motstand (> 80 % 1 RM), eller ulike typar hopp med og utan ekstra motstand.

Ingen av morgonøktene i studien gav signifikant betring av prestasjon, men studien fann at morgonøktene beståande av knebøy med tung motstand (80-95 % av 1 RM) og spesifikt rørslemønster gav tendensar til positiv effekt på fallhopp ($p < 0,1$), men ikkje CMJ. Ekstrand et al. (2013) og Cook et al. (2014) har seinare føreslege ein rørsle-spesifikk effekt av morgonøkt, der sistnemnde studie viste at ei morgonøkt med sprintløp (6 x 40 m, P: 60 s) berre gav betra prestasjon i sprintløp, medan styrkeøkta (3 x 3 på 50-80-100 % 3 RM knebøy og benkpress) gav betra prestasjon på styrketestar (3 RM knebøy og benkpress), CMJ og sprintløp. Ein seinare studie av same forskargruppe har derimot vist at det kanskje er meir generelle hormonelle effektar som kan forklare effekten morgonøkt har på ettermiddagsprestasjon (Russell et al., 2016). Dei fann ei prestasjonsfremjande effekt av benkpress (5 x 10 repetisjonar, 75 % 1 RM) på repetert sprint (6 x 40 m, P: 20 s) og konkluderte med at dette kan forklarast av ein minskt reduksjon i testosteronnivå frå morgon til prestasjonstest samanlikna med kvile.

Av andre morgontreningsstudiar som har målt testosteron, viste Rampinini et al. (2017) sin studie på fotballspelarar på amatørnivå eit auka testosteronnivå (11,6 %) 6 timar etter ei sprintøkt med korte pausar (6 x 40 m, P: 20 s). Spelarane presterte likevel signifikant svakare på CMJ (-1,4 %) og den fotballspesifikke uthaldstesten «Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 2» (YYIR2) (- 7,1 %).

2.1.3 Studiar som har undersøkt effekten av morgonøkt på prestasjonstestar som stiller krav til aerob og anaerob kapasitet

Av studiar som har sett på prestasjonstestar med lenger varigheit der aerob og anaerob kapasitet er sentral for prestasjonsevna, så har forskingsfunna vore sprikande grunna metodiske skilnadar. Studiane som har undersøkt slike prestasjonsmål har nytta ulike protokollar og undersøkt utøvarar i ulike idrettar med ulik treningsstatus.

Rampinini et al. (2017) er ein av fire nyare studiar som har undersøkt effekten av spesifikke morgonøkt på prestasjonstestar 2-6 timar seinare som stiller krav til aerob og anaerob kapasitet. Der nemnde studie viste at ei morgonøkt beståande av repetert sprint med korte pausar gav negativ effekt på prestasjonen, viste same studie prestasjonsfremjande effekt på YYIR2 (6,5 %) då morgonøkta bestod av raske halvbøy (4 x 10 s, P: 20 s) og repeterte sprintar.

McGowan et al. (2017) er den einaste studien som har undersøkt effekten av morgonøkter på uthaldsutøvarar. Dei testa 100 m symjeprestasjon (~60 s) i valfri stilart hjå juniorsymjarar på nasjonalt nivå 6 timar etter to ulike morgonøkter. Morgonøktene bestod av 1200 m symjing i variert intensitet inkludert 8 x 25-30 m på 80-100 % av maksimal innsats med 60 s pause (*Svøm*), eller ein kombinasjonsøkt med nemnde symjeøkt i tillegg til varierte basisøvingar på land med innslag av hurtigheit, spenst og muskulær uthaldstrening (*SvømStyrke*). Symjarane betra prestasjonen med høvesvis 1,6 % og 1,7 % etter dei nemnde morgonøktene, og forskarane fann samstundes ei signifikant auka kjernetemperatur på $0,6 \pm 0,3$ (KI90) °C (ES: 1,83) ved *SvømStyrke* rett før 100m-testen samanlikna med kvile. At eine morgonøkta auka kroppstemperaturen samanlikna med kvile er interessant ettersom studien nytta ein grundig og konkurranse-spesifikk oppvarmingsprotokoll som er gunstig for å optimalisere kroppstemperaturen (Bishop, 2003b; Racinais et al., 2017). Det kan tenkast at ei utilstrekkeleg oppvarming gjev større sannsyn for å finne temperaturrelaterte effektar eller andre effektar av morgonøkter. Det må likevel understrekast at samanhangen mellom auka kjerne-temperatur og prestasjon var dårleg i McGowan et al. (2017) sin studie, der *Svøm* viste same prestasjonsbetring utan den same temperaturauken.

Ein studie på 18 kvinnelege basketballspelarar på College av Woolstenhulme et al. (2004) såg på anaerob prestasjonsevne (Wingate test), vertikal spenst og tekniske prestasjonsmål. Spelarane hadde fire månadar styrkeerfaring og gjennomførte ei heilkroppss styrkeøkt beståande av sju øvingar med 3-4 sett á 5-12 RM. Studien fann ingen skilnad mellom kontroll- og styrkevilkåret.

Ein nyare studie som undersøkte effekten av relativt lange morgonøkter (60 min) som inkluderte mange korte hurtigheitsdrag (15 x 10-20 m, P: 30 s) og intensive spelsekvensar (4 x 90-180 s, P: 3 min) på ettermiddagsprestasjon hjå fotballspelarar på amatørnivå, viste same manglande prestasjonsbetring på den fotballspesifikke uthaldstesten Bangsbo test og ulike mentale testar (Oh et al., 2018). I ein studie av Marrier et al. (2018) fann ein også at prestasjonsevna stort sett var uendra for 14 mannlege juniorlandslagsspelarar i rugby etter ei morgonøkt med stigningsløp, rugby-kamp (4 vs. 3) og 2 x 50 m maks sprintløp. Desse forsøkspersonane fekk berre 2 timar pause etter morgonøkta før dei vart testa i ein repetert sprinttest (6 x 30 m, P: 25 s) og ein 14 min 7ar-kamp i rugby ved hjelp av GPS. Sjølv om spelarane viste betra resultat

på fleire psykofysiologiske parametrar, så tenderte spelarane likevel til å ha færre akselerasjonar og kortare tilbakelagt distanse under rugbykampen då dei hadde morgonøkt 2 timar tidlegare.

2.1.4 Restitusjon etter morgonøkt

Studiane i førre kapittel kan tyde på at designet til morgonøktene og restitusjonsforløpet i etterkant har stor betydning for effekten morgonøktene har på prestasjon > 2 timar seinare. Funksjonen til muskulaturen reduserast når den vert belasta under hard trening som følgje av strukturelle og metabolske forandringar i musklane (Bishop, Jones & Woods, 2008) Skal ei morgonøkt gi prestasjonsbetring kan det antakast at ein må finne tilhøvet mellom morgonøktar som gir eit tøft nok stimulus, samstundes som restitusjonstida ikkje vert for lang. Restitusjon handlar om å få tilbake muskel-funksjonen etter styrkeøkta, og restitusjonsforløpet vil mellom anna påverkast av muskelgruppene som er involvert, treningsøkta si varigheit, intensitet og aksjonsform, og utøvarane sin treningsstatus og fibertypesamansetjing (Kroon & Naeije, 1991; Newham, Jones & Clarkson, 1987; Raastad & Hallén, 2000). Studiar viser at det også kan vere store individuelle skilnadar i kor raskt ein restituerer etter ulike typar muskellarbeid, sjølv ved same treningsgrunnlag (Bishop et al., 2008). Slike individuelle variasjonar i restitusjonstid kan også gjere det utfordrande å finne signifikante og meningsfulle betringar av prestasjon etter ei morgonøkt.

Restitusjonsforløpet kan testast på ulike måtar, der målingar av muskelen sin evne til kraftgenerering under isometriske eller konsentriske aksjonar og funksjonelle testar som vertikale hopptestar og hurtigheitstestar er vanlegast (Paulsen & Raastad, 2010).

Elektrisk stimulering av muskulaturen kan også til ein viss grad nyttast for å avdekke om den muskulære trøytteleiken er knytt til sentrale eller perifere faktorar (Jones, 1996)

Elektrisk stimulering

Elektrisk stimulering av muskulaturen ved ulike frekvensar kan nyttast for å undersøke muskulaturen sitt kraftutviklingspotensial (kontraksjons- og relaksasjonshastigheit) og graden av lågfrekvenstrøytteleik (LFT). Lågfrekvenstrøytteleik kan ein finne ved å kalkulere tilhøvet mellom kreftene som blir produsert ved 20 og 50 Hz (20:50 Hz ratio), der ein lågare ratio (større kraftfall ved 20 Hz enn 50 Hz) tyder på LFT. LFT skuldast sannsynlegvis endringar på eksitasjon-kontraksjonskoplinga (Jones, Newham & Torgan,

1989), der ei reduksjon i kalsiumfrigjerings frå sarkoplasmatiske retikulum fører til færre aktive kryssbruer grunna lågare metting av Troponin C. Dette medfører ei redusert kraftutvikling som er mest uttalt ved låge frekvensar fordi sensitiviteten for endring i kalsiumkonsentrasjon er større her enn ved høge frekvensar (Jones, 1996).

Countermovement jump

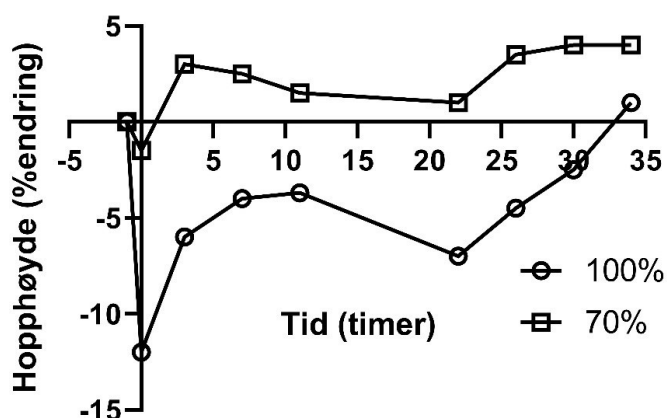
Countermovement jump (CMJ) på kraftplattform har høg nøyaktigheit og brukast for å måle maksimal hoppøgd og maksimal effektutvikling i beina (Claudino et al., 2017). Prestasjonen på CMJ bestemast hovudsakleg av evna til å utvikle maksimal kraft, kor fort krafta utviklast (RFD) og nevro-muskulær koordinering (McLellan, Lovell & Gass, 2011). CMJ nyttast også for å avdekke nevro-muskulær trøyttleik i ulike idrettar, der det er vanleg å undersøke hoppøgd, svevtid-kontraksjonstid ratio (FT:CT ratio) og maks power (Cormack, Newton & McGuigan, 2008; Gathercole, Sporer, Stellingwerff & Sleivert, 2015). Ei reduksjon i desse variablane indikerer nevro-muskulær trøyttleik.

CMJ og andre vertikale hopptestar har blitt undersøkt i fleire studiar som har undersøkt restitusjon (Gonzalez-Badillo et al., 2016; Raastad & Hallén, 2000; Tsoukos et al., 2018) og prestasjon (Cook et al., 2014; Ekstrand et al., 2013; Fry et al., 1995; de Villarreal et al., 2007; Tsoukos et al., 2018; Woolstenhulme et al., 2004) etter morgonøktar beståande av tung, moderat og/eller eksplosiv styrketrening.

Restitusjon etter styrketrening

Studiar som har undersøkt restitusjonstida etter tung og moderat styrketrening for godt styrketrena personar har vist at muskelfunksjonen kan vere tilbake på same nivå berre få timar etter styrkeøkta dersom det totale treningsvolumet eller treningsmotstanden ikkje vert for stor (Gonzalez-Badillo et al., 2016; Raastad & Hallén, 2000). Ein restitusjonsstudie på 9 styrketrena menn av Gonzalez-Badillo et al. (2016) viste til dømes at ein protokoll beståande av 3 x 8 repetisjonar knebøy og benkpress på 80 % av 1 RM (til utmatting), resulterte i nevro-muskulær trøyttleik og svekka prestasjon på CMJ i 48 timar. Til samanlikning var prestasjonen i CMJ tilbake til normalen 6 timar etter ei økt beståande av 3 x 4 repetisjonar på 80 % av 1 RM i same studie. Raastad & Hallén (2000) viste liknande funn i sin restitusjonsstudie (figur 1) der FP hoppa høgare på ein vertikal spensttest 5 timar etter ei styrkeøkt beståande av 3 seriar på 70 % av 3-6 RM i øvingane knebøy, frontbøy og kneekstensjon. Til samanlikning vart hoppøgda

signifikant redusert etter same protokoll der motstanden var 100 % av 3-6 RM. Desse studiane understrekar viktigheita av at styrkeøkta på morgonen ikkje vert for hard.



Figur 1: Restitusjon av vertikal hoppøygde etter tung (100 %) eller moderat (70 %) styrkeøkt. «100 %» bestod av knebøy (3 x 3 RM), frontbøy (3 x 3 RM) og kneekstensjon (3 x 6 RM). «70 %» nytta same øvingar, seriar og repetisjonar som 100 % med ein motstand på 70 % av «100 %». Modifisert etter Raastad og Hallén (2000). RM: repetisjonar maksimum.

2.2 Morgonøktar på konkurransedag i langrenn

Frå praksisfeltet veit ein at enkelte langrennsløparar gjennomfører ulike former for fysiske førebuingar same dag som konkurranse dersom konkurransestarten er sein (> kl. 12:00). Morgonøktar som løping med låg intensitet, og løping med låg intensitet og stigningsdrag eller hekkehopp er ikkje uvanleg, medan tung styrketrening er lite brukt. Ingen studiar har undersøkt effekten av morgonøktar på langrennsprestasjon, og det finst få studiar som har undersøkt idrettar med komplekse rørsleløyseringar eller idrettar der overkroppen er sentral. Tung styrketrening med lågt volum har som nemnd vist positiv effekt på øvingar med komplekse rørsleløyseringar der overkroppen er sentral som i vektløfting (Fry et al., 1995) og i kastøvinga liakov (Ekstrand et al., 2013). Tung styrketrening har også vist prestasjonsfremjande effekt på overkroppsovinga benkpress (Cook et al., 2014; Mason et al., 2016). Legg ein desse funna til grunn saman med studien til McGowan et al. (2017) som viste positiv effekt på 100 m symjeprestasjon hjå godt trena symjarar, så kan det antakast at ei morgonøkt potensielt kan betre prestasjonen i sprintlangrenn. Ved å undersøke delteknikken staking der armar og trunkus skapar framdrifta i kontaktfasen, kan ein også undersøke effekten av ei morgonøkt på ei rørsleløysering der overkroppsmuskulaturen (triceps brachii, latissimus dorsi, teres major, pectoralis og bukmusklane) er sentral (Holmberg, Lindinger, Stöggl, Eitzlmair & Muller, 2005). Studiar viser at langrennsløparar endrar subteknikkar opptil

35 gongar på ein skøytesprint på 1425 m (Andersson et al., 2010). Etersom evna til å velje riktig delteknikk i riktig terreng og hastigheit kan ha stor påverknad på rørsleeffektiviteten og prestasjonen (Pellegrini et al., 2013), så vil det også vere metodisk gunstig å undersøke éin subteknikk ettersom målet er å undersøke om ei morgonøkt kan betre det fysiske prestasjonsnivået.

2.3 Karakteristikkar sprintlangrenn

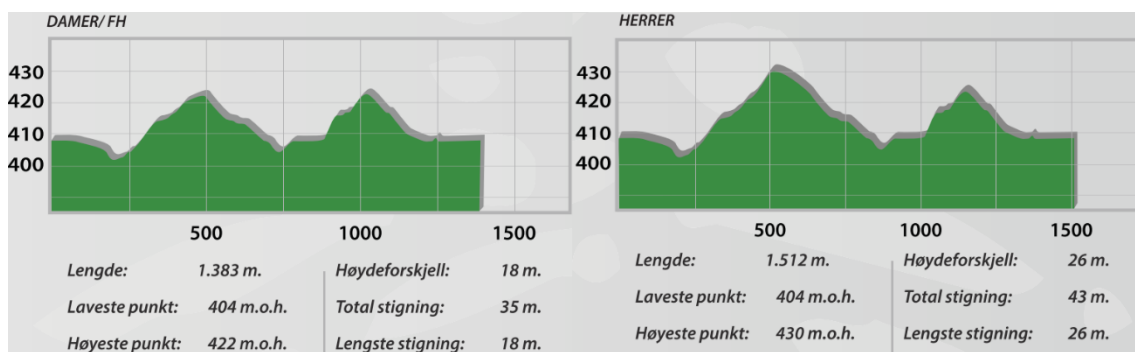
Konkurransedagen ved sprintlangrenn går over 3-4 timar og startar med ein prolog i individuell start. Prologen i NM har dei siste 5 åra starta mellom kl. 10:30 og 12:30. Prologen etterfølgast av kvartfinale, semifinale og finale med 6 løparar i kvart «heat», der kvart løp varar i ~2-4 min (~1000-1800 m). Pausen mellom prolog og kvartfinale er vanlegvis 1-2 timar, medan det er om lag 20-40 min pause mellom utslagsheata avhengig av kva kvart- og semifinaleheat løparane går i. Dei 30 beste løparane går vidare frå prolog der nålauget i nasjonale og internasjonale meisterskap er trøngt. McGowan et al. (2017) fann som nemnd ei betring på dryge 1,5 % som følgje av to ulike morgonøktar på symjeprestasjon. Tek ein utgangspunkt i internasjonale meisterskap i sprintlangrenn for herrar dei siste fem åra, illustrerer tabellen under kor mange plasseringar ein kan tape/vinne med tilsvarande endringar i prestasjon (tabell 2). Dette viser at ei optimalisering av konkurransedagsrutinar som fører til ei prestasjonsbetring potensielt har stor påverknad på sluttresultatet.

Tabell 2: Tal plasseringar tapt/vunne i høve til topp 3 og topp 30 i sprintprologar dei fem siste internasjonale meisterskapa med 1 og 2 % endring i prestasjon.

Meisterskap	Topp 3		Topp 30	
	1 %	2 %	1 %	2 %
2019	4	11	6	16
2018	5	8	10	17
2017	3	4	6	12
2015	10	14	8	15
2014	4	5	6	17

Dei fleste sprintlangrenn består av varierende terreng med motbakkar, unnabakkar, flatt terreng og svingar, som gjer at idretten skil seg litt frå andre mellomdistanseidrettar med same varigheit som løp og roing med tanke på fysiologiske krav og pacing-strategiar. Ein studie av Sandbakk, Ettema, Leirdal, Jakobsen og Holmberg (2011b) fann at 36-,

30-, 27- og 7 % av total konkurransetid vart brukt i høvesvis motbakke, nedoverbakke, flatt terreng og sving i ei sprintløype på 1800 m med ei jamn fordeling mellom dei ulike terrengetypene. Studiar på sprintlangrenn viser at om lag 70-80 % av den totale energifrigjeringa er aerob ved maksimalt arbeid på ~170-230 s i ulike stilartar for godt trena skiløparar (Andersson, Björklund, Holmberg & Ørtenblad, 2017; Losnegard, Myklebust & Hallén, 2012; McGawley & Holmberg, 2014; Sandbakk & Holmberg, 2017). Dette samsvarar med studiar på andre uthaldsidrettar med same varigheit (Gastin, 2001; Medbo & Tabata, 1989; Spencer & Gastin, 2001). Innslaget av motbakkar fører derimot til at krava til anaerob energifrigjering varierer i større grad undervegs i renna. Arbeidsintensiteten i motbakkar kan ligge på 120-160 % av VO_{2peak} , der om lag 40 % av energien i motbakkane må produserast anaerobt (Sandbakk, Ettema, Leirdal, Jakobsen & Holmberg, 2011a). Dette er mogleg fordi utøvarane kan hente seg inn att i nedoverbakkar og medfører at langrennssprintarar treng betre anaerob kapasitet enn distanseløparar.



Figur 2: Løypeprofil frå NM-sprinten på Meråker i 2019 for høvesvis kvinner og herrar.

2.4 Prestasjonsbestemmande faktorar i uthaldsidrettar

I langrennssporet er målet å halde ein høgast mogleg gjennomsnittshastigheit ($m \cdot s^{-1}$). Dette bestemast av langrensløparane si totale energiomsetjing ($J \cdot s^{-1}$) og arbeidsøkonomi ($J \cdot m^{-1}$) (Capelli, 1999; di Prampero, 2003). Arbeidsøkonomien kan definerast som energiomsetjinga for ein bestemt tilbaketillegd distanse eller ytre intensitet (hastigheit) og kan uttrykkast som O_2 -kostnad per meter ($mL \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$). Hastigheita kan difor skildrast slik:

$$\text{Hastighet (m} \cdot \text{s}^{-1}) = \frac{\text{Energiomsetjing (J} \cdot \text{s}^{-1})}{\text{Arbeidsøkonomi (J} \cdot \text{m}^{-1})}$$

Den totale energiomsetjinga bestemast av organismen sin maksimale evne til å ta opp og omsetje oksygen ($\dot{V}O_{2\text{maks}}$) ($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), utnyttinga av dette ved ei gitt varigheit og distanse (utnyttingsgrad) og den anaerobe kapasiteten.

Ei betring av éin eller fleire av desse faktorane skal kunne betre langrennsprestasjonen i isolerte omgjevnadar (Losnegard, 2013). Dersom styrketrening same dag som konkurranse skal kunne betre langrennsprestasjon, så må denne treninga altså påverke minst éin av faktorane i prestasjonsformelen nedanfor positivt.

$$\text{Prestasjon (hastigheit)} = \frac{\text{Aerob effekt (VO}_{2\text{maks}} \cdot \text{Utnyttingsgrad)} + \text{Anaerob kapasitet}}{\text{O}_2 - \text{kostnad}}$$

2.4.1 Maksimalt oksygenopptak

Maksimalt oksygenopptak ($VO_{2\text{maks}}$) kan definerast som den største mengda oksygen organismen kan ta opp og utnytte per tidseining under hard trening (Bassett & Howley, 2000). Fick si likning skildrar oksygenopptaket som produktet av hjartetts minuttvolum (slagvolum \cdot hjartefrekvens) og arteriell-venøs oksygendifferanse. $VO_{2\text{maks}}$ blir sett på som ein av dei viktigaste prestasjonsbestemmande einskildfaktorane i aerobe uthalds-idrettar og predikerer prestasjon godt i store heterogene grupper (Costill, Thomason & Roberts, 1973; Saltin & Astrand, 1967). I homogene utøvargrupper er samanhengen derimot svakare, der det kan vere store prestasjonsskilnadar mellom langrennsløparar med same $VO_{2\text{maks}}$ (Sandbakk, Holmberg, Leirdal & Ettema, 2010). Dette viser at andre faktorar, som ulik utnyttingsgrad og arbeidsøkonomi, også spelar ei stor rolle for uthaldsprestasjon.

Sjølv om det er funne høg korrelasjon mellom det høgaste oksygenopptaket ved staking og løping (Mygind, Larsson & Klausen, 1991; Rundell & Bacharach, 1995), så er $VO_{2\text{peak}}$ i staking blant godt trena langrennsløparar $\sim 10\text{-}15\%$ lågare enn $VO_{2\text{maks}}$ ved løp (Holmberg, Rosdahl & Svedenahg, 2007; Losnegard, Schäfer & Hallén, 2014). Perifere faktorar forklarar dette, der avgrensingar i overkroppsmuskulaturen si

oksidative kapasitet avgrensar oksygenopptaket, sjølv om det er tilstrekkeleg oksygen i blodstraumen (Calbet et al., 2005).

Viktigheita av aerob kapasitet i sprintlangrenn har vore omdiskutert, men studiar viser at kravet til det absolutte oksygenopptaket ($L \cdot \text{min}^{-1}$) i sprintlangrenn er om lag like stort som i distanselangrenn (Sandbakk, Ettema, et al., 2011a). Kravet til det maksimale oksygenopptaket fordelt på kroppsvekt ($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) ligg derimot noko lågare, noko som kan forklarast av at langrennssprintarar som regel har større muskelmasse (Losnegard & Hallén, 2014). Det er funne høg signifikant korrelasjon mellom $\text{VO}_{2\text{maks}}$ og prestasjonen i simulerte sprintkonkurransar (Sandbakk, Holmberg, Leirdal & Ettema, 2011). Samstundes fann ikkje Stöggl, Lindinger og Muller (2007a) denne samanhengen, medan andre studiar har vist uklare samanhengar (Losnegard et al., 2012), noko som hovudsakleg kan forklarast av eit homogent utval i sistnemnde studie. Eigenarten til sprintlangrenn med fleire «heat» aukar også viktigheita av høg aerob kapasitet, der studiar har vist løparar med høgare $\text{VO}_{2\text{peak}}$ restituerer betre mellom «heata» og klarar å oppretthalde prestasjonsnivået betre frå prolog til finale (Vesterinen, Mikkola, Nummela, Hynynen & Hakkinen, 2009).

Sjølv om studiar har vist at $\text{VO}_{2\text{peak}}$ hjå langrennssprintarar i verdsklasse er høgare enn hjå langrennssprintarar på nasjonalt nivå (Sandbakk, Holmberg, et al., 2011), så fann ikkje Tonnessen, Haugen, Hem, Leirstein og Seiler (2015) skilnadar mellom relativ og absolutt $\text{VO}_{2\text{peak}}$ mellom medaljevinnarar og dei som ikkje vann medaljar under OL og VM frå 1990 til 2013.

2.4.2 Utnyttingsgrad

Utnyttingsgraden kan definerast som evna utøveren har til å arbeide nær $\text{VO}_{2\text{maks}}$ over lengre tid på ein bestemt intensitet (fart) (Bassett & Howley, 2000). Der $\text{VO}_{2\text{maks}}$ er hastighetstaket på den aerobe energiomsetjinga som ein kan halde i avgrensa tid, så bestemmer utnyttingsgraden det totale akkumulerte O_2 -opptaket ved eit lengre uthaldsarbeid. Utnyttingsgraden avheng av varigheita til uthaldsarbeidet og reduserast ved aukande konkurransevarigheit (Bosquet, Leger & Legros, 2002). Godt trena utøvarar har som oftast betre utnyttingsgrad enn mindre godt trena utøvarar (Bassett & Howley, 2000; Sjodin & Svedenhag, 1985).

Sjølvs om sprintlangrenn varar i ~2-4 min og ei arbeidsbelastning tilsvarande $VO_{2\text{maks}}$ kan haldast i ~6-10 min (Blondel, Berthoin, Billat & Lensel, 2001), så vil ikkje utnyttingsgraden vere 100 % sidan noko av energien alltid vil kome frå anaerob energifrigjering i starten av arbeidet. Hovudforklaringa på dette er ei forseinking mellom O_2 -kravet og O_2 -leveransen til arbeidande muskulatur i den første fasen av VO_2 -forløpet under intensivt uthaldsarbeid (Jones & Poole, 2005). Denne forseinkinga oppstår truleg som følgje av tregleiken til minuttvolumet i starten av eit arbeid.

Det er funne samanhengar mellom utnyttingsgrad og prestasjon i fleire uthaldsidrettar, og utnyttingsgraden ser ut til å påverke prestasjonen i aukande grad ved aukande konkurransevarigheit (Davies & Thompson, 1979). Det har blitt føreslege at skilnadar i prestasjon i sprintlangrenn kan skuldast ulikskapar i utnyttingsgrad (Sandbakk, Holmberg, et al., 2011). Andre studiar har derimot ikkje funne desse samanhengane (Losnegard et al., 2012).

2.4.3 Arbeidsøkonomi og mekanisk effektivitet

Effektiviteten i staking kan målast på ulike måtar. Gross efficiency (GE) nyttast når ein kjenner storleiken på det ytre arbeidet som blir utført i høve til den indre energi-produksjonen og vert uttrykt i prosent. GE i staking uttrykker kor mange prosent av energien til utøvaren som nyttast til å overvinne friksjon, luftmotstand og gravitasjon (Sandbakk, Ettema, et al., 2011b). Arbeidsøkonomi er vanleg å nytte når ein ikkje kjenner storleiken til det ytre arbeidet nøyaktig. Denne kan ein berekne ved å måle O_2 -kostnaden ved ei bestemt ytre arbeidsbelastning, der god arbeidsøkonomi betyr at ein utøvar omset relativt lite oksygen på ein bestemt fart eller distanse (Bassett & Howley, 2000). Ved submaksimale belastningar er tilhøvet mellom ytre belastning og O_2 -kostnad lineært ved lik teknikk (Bassett & Howley, 2000; Medbo et al., 1988; Noordhof et al., 2010), medan lineariteten svekkast ved belastningar over anaerob terskel (Noordhof et al., 2010). Her vil oksygenopptaket halde fram med å stige ved same ytre belastning, noko som omtalast som VO_2 -slow component (Jones et al., 2011).

VO_2 stig raskt i starten av ei konstant arbeidsbelastning under anaerob terskel (AT = den høgaste arbeidsbelastninga der det er likevekt mellom produksjon og eliminering av laktat (La^-)) (Faude, Kindermann & Meyer, 2009) og stabiliserast etter kring 3 min (Bassett & Howley, 2000). Målingar av O_2 -kostnaden etter 3 min ved ei belastning

under anaerob terskel vil då vere eit direkte og valid mål på arbeidsøkonomien, og det er funne nesten perfekte korrelasjonar mellom O₂-kostnad og GE i staking (Losnegard & Hallén, 2014).

Betra arbeidsøkonomi vil medføre at utøvaren kan gå fortare med same O₂-kostnad, og fleire studiar viser at god arbeidsøkonomi kan vere viktig for sprintprestasjon (Andersson et al., 2017; Sandbakk, Ettema, et al., 2011b; Sandbakk, Holmberg, et al., 2011). Studiar har også vist at løparar i verdseliten har høgare GE i dobbeldans på tredemølle enn langrennsløparar på nasjonalt nivå (Sandbakk et al., 2010).

2.4.4 Anaerob kapasitet

Anaerob kapasitet kan definerast som den maksimale mengda energi som kan frigjerast ved hjelp av anaerobe energiprosessar under eit maksimalt arbeid over ein kort periode (Medbo et al., 1988). Anaerob kapasitet er spesielt viktig i uthaldsidrettar med varigheit opptil 2 min, og studiar har vist at det samla O₂-underskotet er maksimalt i konkurransar til utmatting ved denne varigheita (Medbo et al., 1988). Den anaerobe kapasiteten vil difor vere sentral i sprintlangrenn som har varigheit på ~2-4 min. Det er funne sterke samanhengar mellom anaerob kapasitet og prestasjon i sprintlangrenn (Losnegard et al., 2012; Stöggl et al., 2007a), spesielt i prolog og dei første påfølgjande «heata» (Vesterinen et al., 2009). Studiar har vist at eliteløparar innan sprintlangrenn har høgare anaerob kapasitet enn eliteløparar innan distanselangrenn, der sprintarane (6.8 ± 0.9 L) målte signifikant større \sum O₂-underskot enn distanseløparane (4.7 ± 0.7 L) ved ein 1000 m-test i skøyting på stormølle (Losnegard & Hallén, 2014).

Ved anaerob energiomsetjing resyntetiserer kroppen adenosintrifosfat (ATP) utan tilstrekkeleg tilgang på O₂ gjennom to ulike prosessar; alaktasid- og laktasid energiomsetjing. Ved den alaktaside delen vert energien frigjort gjennom nedbryting av høgenergifosfata kreatinfosfat (CrP) og ATP, medan den laktaside delen produserer ATP gjennom spaltinga av glukose ved danninga av La⁻ (Green & Dawson, 1993). Intensiteten, varigheita og muskelvolumet som er involvert i arbeidet bestemmer viktigheita av dei to prosessane. Den alaktaside prosessen er sentral ved kortvarig maksimalt arbeid på 5-15 s, medan den laktaside prosessen er viktigare når varigheita av det maksimale arbeidet aukar (Bangsbo et al., 1990). Studiar har vist at dei alaktaside og

laktaside prosessane utgjer høvesvis 20 og 80 % av den totale anaerobe kapasiteten ved maksimalt arbeid på 3 min (Bangsbo et al., 1990)

2.5 Effekten av auka styrke på prestasjon i staking

Med betre preparerte løyper, betre utstyr og høgare gjennomsnittsfart, saman med introduksjonen av sprintlangrenn og fellesstartar på 90-talet, så har også fysiologiske faktorar som påverkar den maksimale hastigheita i langrenn blitt viktigare, som maksimal muskelstyrke og evna til å utvikle stor effekt (W) (Stöggl et al., 2007a; Stöggl, Lindinger & Muller, 2007b). Hjø eliteutøvarar innan uthaldsidrettar ser ein ofte liten skilnad i VO_{2maks} og hastigheit på anaerob terskel, slik at andre faktorar som anaerob kapasitet og evna til å utvikle stor effekt blir endå viktigare prediktorar for prestasjon (Bulbulian, Wilcox & Darabos, 1986; Noakes, 1988). Trening som påverkar desse eigenskapane hjå langrennsløparar har difor fått større interesse. Studiar viser at langrennsløparar kan utvikle 430 newton (N) på 0,05 s i staking og 1600 N gjennom fråsparket i skøyting (Stöggl & Holmberg, 2016; Stöggl, Muller, Ainegren & Holmberg, 2011), medan Losnegard et al. (2011) og Stöggl et al. (2007b) har funne høge til nesten perfekte korrelasjonar mellom effektutvikling og styrke i overkroppen og akselerasjons-hurtigheit (50 m) og sprintlangrennsprestasjon (1,1 km) i staking på rulleski og stakeergometer. Stöggl et al. (2011) fann derimot berre låge til moderate korrelasjonar mellom maksimal styrke og hastigheit i staking. Denne studien peika samstundes på at «timing» er viktig, og at ei auka maksimal- og eksplosiv styrke ikkje nødvendigvis samsvarar med auka maksimal hastigheit i staking dersom ein oppnår maksimalkrafta på feil tidspunkt i kontaktfasen. Langrennsløparane som oppnådde høgast maksimal hastigheit i staking i Stöggl et al. (2011) oppnådde maksimalkrafta si seinare i kontaktfasen når vinkelen mellom stav og underlag var mindre, slik at ein større del av kreftene gjennom stavane var framdriftsretta. Det har blitt spekulert i at det finst ei grense for kor sterk ein treng å vere i langrenn, der ei vidare styrkeauke ikkje nødvendigvis betrar prestasjonsevna (Stöggl et al., 2011).

2.5.1 Forklaringsmekanismar bak effekten av auka maksimal styrke på langrennsprestasjon

Styrketrening kan gi langvarige adaptasjonar som i teorien kan betre langrennsprestasjon, men fleire av desse forklaringsmekanismane inkluderer morfologiske endringar i skjelettmuskulaturen som er usannsynlege å finne 5-6 timar

etter ei morgonøkt bestående av tung styrketrening. Mekanismane bak ei eventuell betra prestasjonsevne som følge av ei morgonøkt er som nemnd usikre, men dei postulerte forklaringsmekanismane som auka testosteronkonsentrasjon, temperatur og nevro-muskulære tilpassingar påverkar alle evna til å utvikle kraft. Auka maksimal styrke og kraftutvikling kan i teorien betre langrennsprestasjonen på fleire måtar.

Auka maksimal styrke kan medføre ein lågare relativ arbeidsintensitet, slik at ein kan arbeide lenger eller i like lang tidsperiode med høgare absolutt arbeidsintensitet (Aagaard & Andersen, 2010). Hoff, Helgerud og Wisloff (1999) har også foreslege at auka muskelstyrke kan redusere kompresjonen av blodårene under arbeid sidan muskelkontraksjonen då utgjer ein lågare del av maksimalkrafta.

Ved auka maksimal styrke ser ein ofte ei auka rate of force development (RFD), som i teorien kan føre til at ein brukar kortare tid på å nå den same kraftutviklinga i rørslesyklusen samanlikna med tidlegare. Dette vil igjen vil kunne auke «kvilefasen» mellom kvar muskelkontraksjon, redusere den kontraksjonsinduserte okklusjonen og auke blodgjennomstrøyminga i muskulaturen (Aagaard & Andersen, 2010). Ei betra blodgjennomstrøyming vil føre til større oksygentilførsel til arbeidande muskulatur og slik kunne betre uthaldsprestasjonen. Ei auka RFD kan i teorien også føre til at ein rekk å utvikle meir kraft i kvar kontaktfase, og slik også betre prestasjonen i konkurransar med kortare varigheit (Rønnestad & Mujika, 2014).

3. Metode

3.1 Deltakarar

Åtte langrennsløparar (sju menn og ei kvinne) på regionalt eller nasjonalt nivå vart rekruttert til prosjektet. Dei antropometriske karakteristikkane, treningsfrekvensen og pretest-resultata til FP er presentert i tabell 3. Prosjektet vart godkjent av Lokal etisk komité ved Norges idretthøgskole (Søknad: 62-190618) og meldt til NSD – Norsk senter for forskingsdata AS (referansenummer: 61012 / 3 / LH). Prosjektet vart gjennomført i samsvar med Helsinkideklarasjonen, og alle deltakarane gav skriftleg samtykke for deltaking i studien (vedlegg I).

Tabell 3: Antropometriske karakteristikkar, treningsfrekvens, VO_{2maks} og 1 RM knebøy i smith-maskin til forsøkspersonane. $n = 8$

	Gjennomsnitt \pm SD
Alder (år)	22 \pm 4
Høgde (cm)	182 \pm 9
Vekt (kg)	70,4 \pm 7,8
VO_{2maks} løp ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	67,1 \pm 5,9
1 RM knebøy smith-maskin (kg)	123 \pm 15

3.1.1 Treningsstatus og konkurranserutinar

FP si styrketrenings erfaring og treningsstatus er skildra i tabell 4. Alle FP rapporterte at dei trena dagen før konkurranse. Fem av FP gjennomførte typisk ei langrennsøkt på 45-75 min rundt 24 timar før konkurransstart. Denne økta inkluderte drag på 2-5 min med totalvarigheit på 5-15 min i intensitetssone 3 og 4 (~82-92 % av HF_{maks}). Tre FP rapporterte at dei gjennomførte ei rolig økt på 30-60 min i løping eller langrenn som inkluderte 4-5 stigningsdrag på ~15 s.

På konkurransedagar med tidleg konkurransstart (< kl. 12:00) rapporterte to av FP at dei gjennomførte ein roleg gåtur, medan resten gjorde ingenting. Ved sein konkurransstart (> kl. 12:00) rapporterte fire FP at dei gjekk ein kort tur (~15 min). Dei resterande FP hadde ulike konkurransedagsrutinar, der to FP gjorde ingenting og to FP gjennomførte ei løpsøkt på 10-15 min inkludert to stigningsløp à 15 s.

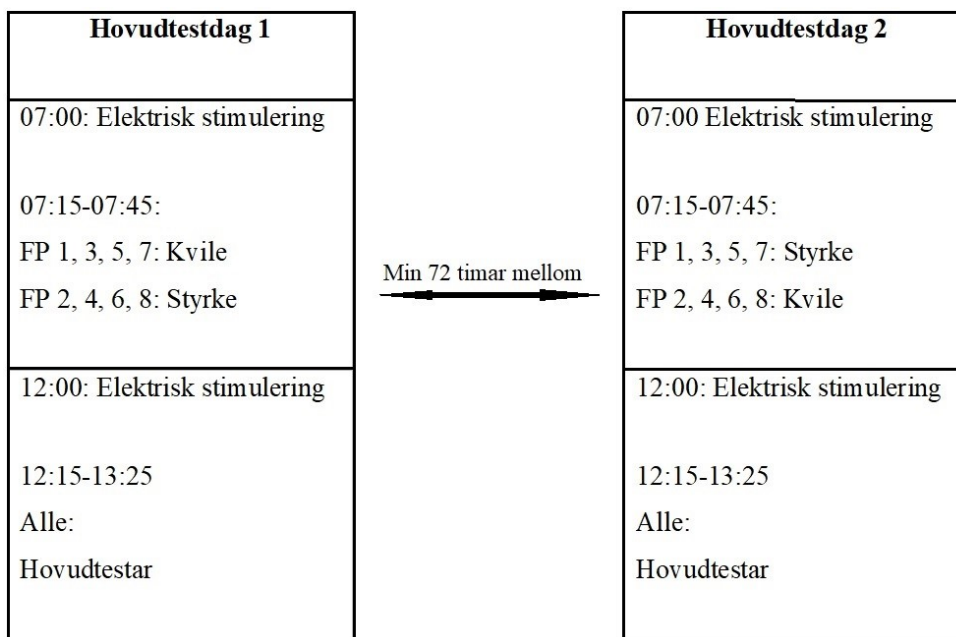
Tabell 4: Forsøkspersonane si erfaring med maksimal styrketrening og treningsstatus siste tre månadar før testing. $n = 8$

	Gjennomsnitt \pm SD
Treningsfrekvens (øker/veke)	8,6 \pm 1,4
Maksimal styrketrening (år)	4,6 \pm 3,3
Maksimal styrketrening overkropp (øker/veke)	1,4 \pm 1
Maksimal styrketrening bein (øker/veke)	1,2 \pm 0,8

3.2 Eksperimentelt design

For å undersøke effekten av morgontrening på prestasjon 5 timar seinare vart eit «counterbalanced crossover» design nytta der FP var sin eigen kontroll. Alle testane vart gjennomført på Norges idrettshøgskole og føregjekk mellom august og desember 2018.

Innsamlinga av alle fysiologiske og temporale data vart gjort innan 5-7 testdagar for kvar FP. Morgonøkta si effekt på prestasjon vart undersøkt under to hovudtestdagar (*Kvile, Styrke*). Hovudtestdagane vart gjennomført med nøyaktig 72 timars mellomrom for kvar FP med unntak av ein deltakar (168 timar). Morgonøktene (~30 min) starta mellom 06:00-07:30 og ettermiddagstestane (~90 min) starta nøyaktig 5 timar seinare (11:00-12:30). Hovudtestdagane vart lagt til ei roleg treningsveke for kvar FP, og FP vart bedne om å trene roleg og så likt som mogleg dei siste to dagane før kvar hovudtestdag. Pretestar og tilvenningsøker vart gjennomført over 3 til 5 øker over ein periode på 2-3 veker.



Figur 3: Overordna design.

3.2.1 Tilvenning

Tilvenninga bestod av 3 til 5 økter, med 3 økter som utgangspunkt. Hensikten med tilvenningsdagane var å kartlegge FP sin fysiske kapasitet og venne dei til testprotokollane.

Første tilvenningsøkt bestod av tilvenning til CMJ utan armsving på kraftplattform, styrketrening og teknikkinnlæring av knebøy i smith-maskin til 90° djupne i kneleddet (figur 6) og sitjande overtrekk i kabelapparat (figur 5). *Tilvenningsøkt II* bestod av det same som *tilvenningsøkt I*, i tillegg til ein fullstendig gjennomgang av hovudtestprotokoll på hovudtestdag I og II (figur 8) og VO_{2maks} i løping. *Tilvenningsøkt III* bestod av testing av 1 RM av knebøy og sitjande overtrekk, 5 RM-testing av sitjande overtrekk, tilvenning til elektrisk stimulering og vidare tilvenning av CMJ.

Under den fullstendige gjennomgangen av hovudtestprotokoll vart dei ulike hastigheitene for oppvarminga, stigningsdraga, submaksimale draga og tid-til-utmattingstesten i staking (TTU) bestemt for kvar enkelt FP. Stavlengde, standardisert startposisjon på 30m-sprint (figur 9) og sitjeposisjon ved elektrisk stimulering av m. vastus medialis vart også fastsett.

Starthastigheita på TTU blei bestemt utifrå pilottesten på *tilvenningsøkt II* med mål om å ha ein sluttid mellom 2 og 4 min som er typisk varigheit i sprintlangrenn (Hébert-Losier, Zinner, Platt, Stöggl & Holmberg, 2017). Tabell 5 viser korleis hastigheitene vart justert etter skjøn for kvar enkelt FP til hovudtestdagane basert på resultatata ved pilottesten. På det submaksimale 5 minutsdraget vart hastigheita sett med mål om å ha ein RPE på om lag 13 og eit oksygenopptak på kring 65-70 % av VO_{2maks} , sidan målingar av O_2 -kostnaden ved ei slik belastning er eit direkte og valid mål på arbeidsøkonomien (Bassett & Howley, 2000).

Tabell 5: Prosedyre for fastsetjing av starthastigheit på TTU.

TTU pilottest (s)	Justering hastigheit (m/s) til hovudtest
90-120	- 0,25-0,375
120-150	- 0,125-0,375
150-180	+ 0-0,125
180-210	+ 0,125-0,25
210-240	+ 0,25-0,375

3.2.2 Pretestar

1 RM i knebøy i smith-maskin og 1 RM og 5 RM-test i sitjande overtrekk vart gjennomført på *tilvenningsøkt III* for å estimere 5 RM-motstanden som vart nytta i morgonøkta ved *Styrke*. Resultata frå pretestane og den estimerte 5 RM-motstanden er presentert i høvesvis tabell 6 og tabell 7.

Tabell 6: Resultat pretestar styrke. $n = 8$

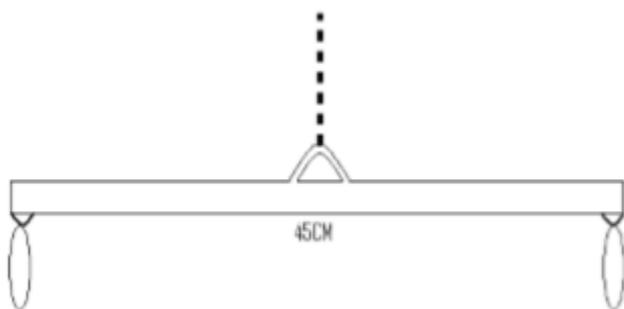
Variabel	Gjennomsnitt \pm SD
1 RM sitjande overtrekk (kg)	39 \pm 5
5 RM sitjande overtrekk (kg)	35 \pm 5
1 RM knebøy smithmaskin (kg)	123 \pm 15

Sitjande overtrekk

1 RM og 5 RM-testane i sitjande overtrekk (figur 5) vart gjennomført i eit standard kabeltrekksapparat (Technogym Radiant, Cablejungle, Gambettola, Italia) med eit spesiallaga stakehandtak som tidlegare har vore nytta i fleire andre langrennsstudiar

(figur 4) (Borve, Jevne, Rud & Losnegard, 2017; Losnegard et al., 2011; Skattebo, Hallén, Rønnestad & Losnegard, 2016). FP sat på ein benk med justerbar rygg der ryggvinkelen og setevinkelen til benken var vinkla høvesvis ~130 grader og ~20 grader i høve til vassrett. Setet var plassert 85 cm frå den vertikale linja ned frå talja til kabelapparatet for alle FP. Øvinga starta med strake armar og vaieren som ei rett forlenging av armane (figur 5).

Oppvarminga bestod av 5 min løping på låg intensitet (~60-70 % av HF_{maks}) på tredemølle (Technogym Skillrun Premium, Gambettola, Italia) og 3 sett med 10, 6 og 3 repetisjonar med motstand på høvesvis 40, 75 og 85 % av estimert 1 RM i knebøy og sitjande overtrekk. 1 RM blei estimert på *tilvenningsøkt II* og nytta som utgangspunkt på *tilvenningsøkt III*. 1 RM-løfta byrja på 95 % av estimert 1 RM, der motstanden vart auka med 2-5 % for kvart godkjente løft, med 3 min pause mellom forsøka. Ved godkjent løft starta rørsla med strake armar og null slakk i vaieren og stakehandtaket. Løftet avsluttast først når handtaket treffe låra. Vidare hadde rygg, sete og bein kontakt med benk/golv under heile rørsla. Heile rørslebana vart utført med parallelle armar og i ei jamn og kontinuerleg rørsle. 5 min etter siste godkjente 1 RM-løft prøvde utøvarane seg på eit 5 RM-løft der motstanden vart estimert utifrå 1 RM-løftet og tidlegare tilvenningsøktar. Dette vart gjort for å sikre at 5 RM-motstanden vart så riktig som mogleg.



Figur 4: Handtaket som vart nytta i øvinga sitjande overtrekk.



Figur 5: Sitjande overtrekk i kabelapparat.

Knebøy i smith-maskin

1 RM-testane i knebøy vart gjennomført i smith-maskin-delen til 1080 Quantum Syncro (1080 Motion, Lidingö, Sweden). Det vart nytta same oppvarmings- og testprosedyre som ved sitjande overtrekk, med unntak av 5 RM-testen som ikkje vart testa i knebøy. Alle treningsløft og 1 RM-løft vart gjennomført til 90 graders vinkel i kneleddet i botnposisjon som blei tilpassa på *tilvenningsdag I*. Kneleddsvinkelen vart målt mellom linjene frå patella til os coxae og articulatio talocruralis ved hjelp av eit goniometer (SS21L; Biopac System, Inc., USA). For å sikre identisk knevinkel frå repetisjon til repetisjon vart det sett opp kasser/vektskiver i individuelt tilpassa høgde som FP måtte råde i botnposisjon. FP stod med føtene i skulderbreiddes avstand loddrett under vektstonga med tærne peikande nokre få grader utover (figur 6).



Figur 6: Knebøy i smith-maskin. Kassene og vektskivene vart nytta for å sikre 90 graders knevinkel i botnposisjon.

Maksimalt oksygenopptak løp

VO_{2maks} vart gjennomført på tredemølle som siste del av *tilvenningsdag II* eller på eigen tilvenningsdag med ei stigning på seks grader (10,5 %). Testen vart gjennomført som ein trappetest der hastigheita vart auka med 0,5 km/t for kvart halvminutt til utmatting. Starthastigheita vart skjønsmessig vurdert utifrå FP sine tidlegare VO_{2maks}-testar. VO₂ vart registrert gjennom heile testen der snittet av dei to høgaste etterfølgande 30 sekundsmålingane vart registrert som VO_{2maks}.

Oksygenopptaket vart målt med eit automatisk ergospirometrisystem med miksekammer (Oxycon Pro, Jaeger-Toennis, Hoechberg, Tyskland). FP pusta gjennom eit tovegs munnstykke (Hans Rudolf 2700 series, Kansas City, USA). Ei naseklype sørger for at FP utelukkande pusta gjennom munnen. Luftstraumturbinen for volummåling av inspirasjons- og ekspirasjonsgass (Triple V volume transducer; Erich Jaeger GmbH, Hoechberg, Tyskland) vart kalibrert manuelt med ein treliters kalibreringspumpe (CalibrationSyringe, series 5530, Hans Rudolph Inc., Kansas City, Missouri, USA). Kalibrering av gassanalysatoren vart gjennomført før kvar testdag med ein standardisert kalibreringsgass (180kPa, 6,01 % karbondioksid (CO₂) og 15,0 % O₂ og restgass nitrogen (N) og romluft (20,94 % O₂ og 0,04 % CO₂). Hjartefrekvensen vart målt med pulsklokka Polar M400 (Polar Electro OY, Kempele, Finland). Høgde og vekt vart målt på eit Seca stadiometer og ein Seca Model 708 (Voegel & Halke, Hamburg,

Germany). I tillegg vart temperatur, atmosfæretrykk og luftfuktigheit målt før kvar testdag.

3.3 Testprosedyrar hovudtestdag

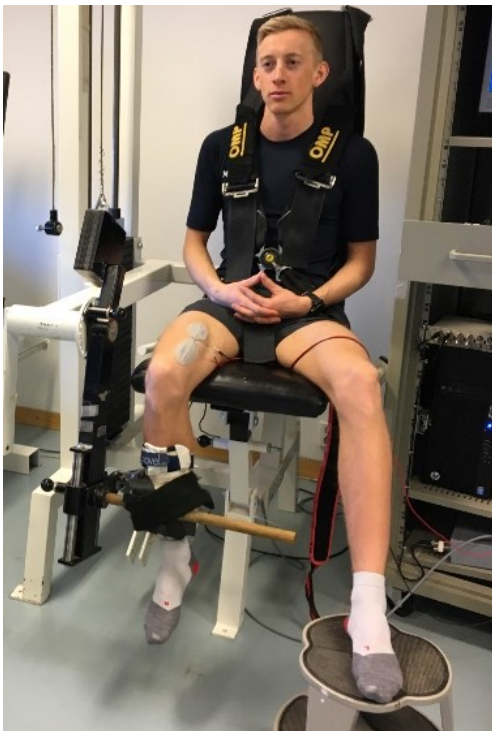
På begge hovudtestdagane (*Kvile*, *Styrke*) møtte FP på morgonen mellom 06:00 og 07:20 for elektrisk stimulering av m. vastus medialis, rapportering av dagsform og rapportering av klarheit for prestasjonstestar, i tillegg til styrkeøkt eller kvile.

Rapportering av dagsform og klarheit for prestasjon vart registrert enkelt der FP svarte munnleg på spørsmåla «Dagsform?» og «Kor klar er du til å prestere?» på ein skala frå 1-10. FP møtte på same tidspunkt begge dagar for å unngå påverknaden av døgnrytmevariasjonar på prestasjonen. Rekkefølga på hovudtestdagane vart kryssbalansert slik at annakvar FP hadde *Kvile* eller *Styrke* først for å redusere betydninga av testrekkefølga.

Isometrisk kraftutvikling ved elektrisk stimulering av m. vastus medialis

Elektrisk stimulering av m. vastus medialis vart målt i utkvilt tilstand med ein elektrisk stimulator (Digitimer DS7AH, Hertfordshire, United Kingdom) for å undersøke kraftutviklinga til muskulaturen utan påverknad frå det sentrale nervesystemet. Kontraksjons- og relaksasjonshastigheit og graden av lågfrekvenstrøytteleik vart undersøkt ved å stimulere muskulaturen elektrisk med frekvensar på 20- og 50 Hz. Sitjeposisjonen vart individuelt standardisert, og FP sat med 90 graders vinkel i kneleddet i ein spesialbygd stol for måling av kraft ved isometrisk kneekstensjon (Gym2000 Vikersund, Norge). Før sjølvklebande fleirgongselektrodar for elektrisk stimulering (Polar Trode, Medi stim AS, Norge) vart festa i lengderetninga på m. vastus medialis på høgre bein (figur 7), vart huda barbert, reingjort og tørka. Huda vart reingjort med isopropanol. Venstre bein kvilte på ein krakk under den elektriske stimuleringa, medan høgre legg vart bunde fast i ein arm med påmontert vegecelle (U2A 200 Hottinger Baldwin Mestechnik, Darmstadt, Germany). FP sat heilt i ro i om lag 5 min før m. vastus medialis vart elektrisk stimulert ved to ulike frekvensar; 20 Hz og 50 Hz (høvesvis 5 og 11 pulsar à 0,5 ms varigheit over 200 ms), med to repetisjonar per frekvens. Stimuleringane vart gjevne med om lag 30 s mellomrom. FP vart bedne om å sitje i same posisjon og slappe fullstendig av før kvar stimulering for å unngå voluntært kraftbidrag i målingane. Elektrodane og føflekkar vart merka med tusj på transparente ark på låret for å sikre lik plassering av elektrodane frå test til test.

Kraftdata vart sampla med 1000 Hz og analysert med programvaren Labview (National Instruments, Texas, USA). Høgaste krafta som blei målt ved 20 Hz delt på høgaste krafta som blei målt ved 50 Hz vart rekna ut (20:50 Hz ratio) og brukt som indeks på lågfrekvenstrøyttleik. Maksimal kontraksjon og maksimal relaksasjon er eit høvetal mellom stigning og høgaste kraft (%/ms), og vart berekna som den største skilnaden mellom 10 verdipunkt (ms) på den stigande og synkande delen av kraftkurva delt på kurva si maksimale verdi.



Figur 7: Oppsett elektrisk stimulering av m. vastus medialis.

3.3.1 Morgonøkt

Under hovudtestdag I eller II gjennomførte FP ei styrkeøkt i etterkant av elektrisk stimulering. FP fekk først vite om dei skulle ha *Styrke* eller *Kvile* ved oppmøte til elektrisk stimulering ved første hovudtestdag. Morgonøkta starta mellom 06:15 og 07:40 og varte i 30 min. Økta bestod av ei standardisert oppvarming bestående av 5 min løping på låg intensitet (~60-75 % av HF_{maks}), samt 6 og 4 repetisjonar på høvesvis 40- og 60 % av 1 RM i øvingane knebøy i smith-maskin og sitjande overtrekk i kabelapparat.

Sjølve styrkeøkta bestod av 3 seriar med 3 repetisjonar i knebøy i smith-maskin og

sitjande overtrekk i kabelapparat, med ein motstand tilsvarande 5 RM (~85-90 % av 1 RM). Motstanden vart estimert under *tilvenningsøkt III* og er presentert i tabell 7. FP hadde 3 min pause mellom kvar serie. Øvingane vart gjennomført på identisk måte som under tilvenningsøktene og pretestane. FP vart bedne om å halde eit kontrollert tempo i eksentrisk fase og mobilisere maksimalt under kvar repetisjon i konsentrisk fase. Ved *Kvile* vart det ikkje gjennomført morgonøkt etter elektrisk stimulering.

Tabell 7: *Treningsmotstanden på morgonøkta. n = 8*

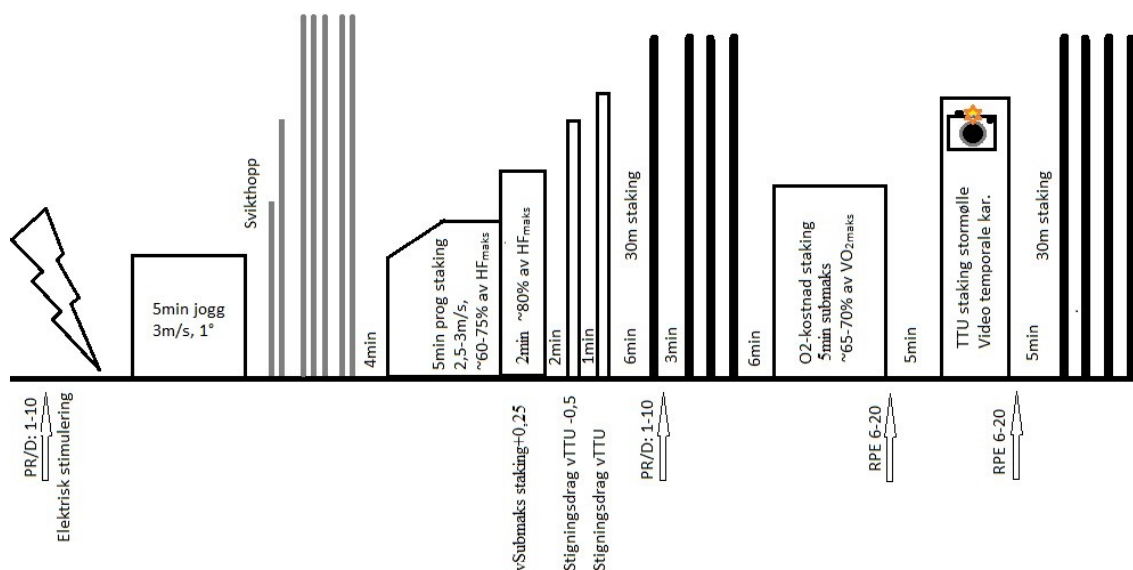
Øving	Motstand (kg)
Sitjande overtrekk (kg)	35 ± 5
Knebøy (kg)	105 ± 13

Pause mellom morgonøkt og ettermiddagstest

Etter morgonøkta vart FP bedne om å slappe av og lade opp til ettermiddagstestane på same måte som før konkurransar. FP fekk ikkje lov til å sove, trene eller drikke koffeinhaldig drikke før ettermiddagstestane, men disponerte elles tida fritt på Norges idrettshøgskole. FP vart elles oppmoda om å ete og drikke som vanleg.

3.3.2 Hovudtestprotokoll – ettermiddagstestar

Ettermiddagstestane i hovudtestprotokollen er presentert i figur 8 og bestod av elektrisk stimulering, CMJ på kraftplattform, 30 m stakesprint på rulleski i utkvilt tilstand, test av O₂-kostnad i staking ved submaksimal belastning og TTU i staking, før protokollen blei avslutta med ei ny runde 30 m stakesprint i sliten tilstand. Desse testane vart gjennomført på identisk måte begge hovudtestdagar, der morgonøkta var einaste skilnaden mellom hovudtestdagane. Hovudtestdagane vart gjennomført med 72 timars mellomrom (med unntak av ein FP som hadde 168 timar mellomrom), og FP blei bedne om å trene likt dei to siste dagane før begge testdagar og lade opp som om det var konkurranse. Stoppeklokke vart nytta gjennom heile hovudtestprotokollen for å sikre identiske pausar mellom dei ulike deltestane og testforsøka. Ingen verbal tilbakemelding vart gjeve undervegs i testane og FP vart blinda for alle resultat undervegs på begge hovudtestdagar.



Figur 8: Hovudtestprotokoll. PR: Opplevd klarheit for prestasjon (1-10), D: Opplevd dagsform (1-10), prog: progressivt, O₂: oksygen, RPE: opplevd anstrenging (6-20), TTU: tid til utmatting, kar.: karakteristikkar, vSubmaks: hastigheit ved 5min submaksimalt drag i staking, vTTU: hastigheit ved tid til utmattingstest, HF_{maks}: maksimal hjarrefrekvens, VO_{2maks}: maksimalt oksygenopptak.

Elektrisk stimulering

5 timar etter første oppmøte (11:00-12:20) møtte FP for ny test av kraft ved elektrisk stimulering av m. vastus medialis, i tillegg til rapportering av dagsform og klarheit for prestasjon. Prosedyren var identisk som skildra i kapittel 3.3.

Countermovement jump

«Countermovement jump» utan armsving (CMJ) vart målt med kraftplattformen HUR labs FP4 (HUR Labs Oy, Tampere, Finland) tilkopla ein PC med programvara Force Platform Suite (versjon 2.65.5.6, Hur Labs, Finland) for å undersøke nevro-muskulær klarheit og trøyttleik. Kraftplattformen vart plassert på eit hardt, flatt og vassrett underlag før kvar testdag og justert for stabilitet. FP si masse vart målt på kraftplattformen, og impulsmetoden vart nytta for å berekne hoppøgda. Dette vil seie at krafta integrerast mot tida frå satsrørsla byrjar til plattformen forlatast etter satsen. Denne metoden målar hoppøgda nøyaktig ($\pm 1\%$) i CMJ.

Oppvarminga byrja rett etter den elektriske stimuleringa og bestod av 5 min jogg på låg intensitet på stormølle (2,5-3 m/s; 1° stigning; ~60-75 % av HF_{maks}) og to oppvarmingshopp med aukande innsats (~50 og 70 %). Kvar FP fekk totalt fem forsøk, der dei to

beste resultatata vart teljande og teke med i analysane. FP hadde 1 min pause mellom kvart hopp, med unntak av mellom hopp tre og fire, der FP fekk 2 min pause. FP hoppa med valfri djupne og vart instruert i å stå med skulderbreiddes avstand med hendene på hofta og utføre hoppet i ei jamn rørsle.

Oppvarming rulleskitestar

Etter CMJ på kraftplattform byrja ei ny standardisert, konkurranselik oppvarming på rulleski på stormølla til Norges idrettshøgskole (Oslo, Norge). Ei grundig oppvarming vart nytta for å unngå eventuelle type I-feil, der ein feilaktig forkastar nullhypotesa. FP brukte identiske stavar ved begge prestasjonstestane (Triac 3.0) (Swix Sport AS, Lillehammer, Norge) med spesialtilpassa piggar. Rulleskia som blei brukt var av typen IDT classic RM2 med 3'ar hjul (IDT solutions AS, Lena, Norge).

Gjennom heile rulleskiprotokollen på stormølla var FP sikra med sele på overkroppen som var festa til ei line frå taket. Oppvarminga før rulleskitestane bestod av 5 min roleg staking på stormølle i progressivt tempo (2,5-3m/s; 3° stigning; ~60-75 % av HF_{maks}) etterfølgd av 2 min staking på høg intensitet ($v_{Submaks} + 0,25m/s$; ~80 % av HF_{maks}). Etter dette hadde FP 2 min aktiv pause (1,5m/s, 3° stigning) i valfri stilart før det vart gjennomført 2 stigningsdrag på 30 s i staking (fart høvesvis $v_{TTU} - 0,5m/s$ og v_{TTU}) med 1 min roleg gåing (1,5m/s, 3° stigning) som pause. 6 min etter stigningsdraga gjennomførte FP eit siste oppvarmingsdrag på 30 m maksimal staking i idrettsHallén før hurtigheitstestane. FP fekk så 3 min passiv pause før 30 m-testane byrja der siste munnlege rapportering av dagsform og klarheit for prestasjon vart gjort.

30m rulleski staking

Det blei gjennomført to hurtigheitstestar i staking på rulleski høvesvis 21 min før og 5 min etter TTU for å undersøke morgonøkta si påverknad av hurtigheitsutvikling både i utkvilt og sliten tilstand. Testinga av akselerasjonshurtigheit bestod av 30 m rulleski staking. Testane vart gjennomført innandørs i idrettsHallén på Norges idrettshøgskole med spesialtilpassa piggar for stavane. Tida blei målt med fotoceller (Portable Brower Speed Trap II, Brower Timing Systems, Utah, USA) som var plassert på bakkenivå ved start, 5-, 20- og 30 m. Fotocellene vart plassert på bakkenivå for å sikre at rulleskia braut fotocellene først. FP fekk tre og fire forsøk høvesvis før og etter TTU med 2 min pause mellom kvart forsøk. Den beste slutt- og splittida vart gjeldande og teke med i

analysane. Standardisert startposisjon vart oppmerka med teip der fremre hjul på høgre/venstre ski og stavpiggane var plassert høvesvis 10-, 50- og 90 cm bak første fotocelle som vist på figur 9. Ein standardisert startprosedyre vart nytta der FP starta seg sjølv innan eit tidsrom på 10 s. Det var eit krav at FP måtte stå roleg før start og gå med samla bein over mål for å redusere feilmarginar ved eventuelle varierende fotinnslag.



Figur 9: Standardisert startposisjon 30m staking.

Submaksimalt drag – O₂-kostnad

7 min etter første bolk med 30 m-stakesprint, gjennomførte FP eit 5 min submaksimalt drag i moderat intensitet (~65-70 % av VO_{2maks}) for å måle O₂-kostnaden i staking. O₂-kostnaden vart rekna som det gjennomsnittlege oksygenopptaket relativt til kroppsvekta (mL·kg⁻¹·min⁻¹) i tidsrommet 3-4,5 min etter oppstarten av det submaksimale draget. Hjartefrekvensen vart målt gjennom heile draget og vart fastsett som makspulsen i draget. Opplevd anstrenging vart registrert etter draget (Borg Rating of Perceived Exertion (RPE; 6-20) (Borg, 1982). Alle dei submaksimale draga vart gjennomført på same stigning som TTU, og FP gjekk på ein individuelt fastsett hastigheit (3,7 ± 0,3 m/s). CV til O₂-kostnaden ved submaksimale drag i skøyting på stormølle har tidlegare blitt rapportert til å vere 2,5 % i padling og 2,3 % i dobbeldans (Losnegard, 2013).

Tid til utmatting – prestasjonstest staking stormølle

Nøyaktig 5 min etter det submaksimale draget gjennomførte FP ein TTU i staking på stormølle. Hastigheita på TTU blei fastsett individuelt for kvar FP utifrå pilottesten på *tilvenningsøkt II* med mål om å ha ein sluttid på mellom 2 og 4 min (tabell 5) for å samsvare med lengda i sprintlangrenn (Hébert-Losier et al., 2017). Stigninga vart sett til 3° etter ein skjønsmessig vurdering etter pilottestane. FP vart bedne om å halde seg innanfor ei sone markert av to laserar på fremre delen av stormølla under testen figur 10. Testen vart stoppa når FP hadde hatt to påfølgande stavtak bak den bakerste lasermarkøren med begge framhjula.



Figur 10: TTU staking stormølle.

Hjartefrekvensen vart målt gjennom heile prestasjonstesten og vart fastsett som makspulsen i draget. Opplevd anstrenging vart registrert etter draget (Borg Rating of Perceived Exertion (RPE; 6-20) (Borg, 1982). For innsamling av temporale data vart eit høghastigheitskamera (Basler AG, Ahrensberg, Tyskland) og programvaren simi aktisys

(SIMI Reality Motion System GmbH, Unterschleissheim, Tyskland) nytta med ein biletefrekvens på 50 bilete i sekundet. Innsamlinga av temporale data vart samla inn i starten av draget då hastigheita hadde stabilisert seg (mellom 20 og 30 s) og i avslutninga av draget (siste fem stavgangar før FP kryssa lasermarkøren for første gong). O₂-kostnad eller laktatmålingar vart ikkje registrert under TTU.

3.4 Databehandling

Temporale karakteristikkar vart registrert under TTU og behandla i Tracker (Tracker version 5.0.6, Douglas Brown, Open Source Physics, USA). Temporale karakteristikkar vart målt og analysert mellom 20-30 s og ved dei siste 10 s av TTU. Alle data er framstilt som snittet av fem påfølgande syklusar. Syklustid definerast som tida mellom kvart stavsett. Kontakttid definerast som tida frå stavsett til staven forlét bakken. Sleptida definerast som tida frå staven forlét bakken til nytt stavsett.

3.5 Statistikk

Data vart behandla i Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft, Redmond, USA) og IBM SPSS Statistics 24 (International Business Machines (IBM), New York USA). Signifikansnivået vart sett til $p \leq 0,05$ for statistisk signifikante resultat. Ein statistisk tendens vart definert som $0,05 < p < 0,1$.

Parametriske testar vart nytta der data var normalfordelte og støtta av sentralgrense-teoremet (Hopkins, Marshall, Batterham & Hanin, 2009). Ikkje-parametriske testar vart nytta der data var diskrete eller skeivfordelte. Ved data frå prestasjonstestane vart det nytta ein para Student's t-test eller Wilcoxon signed rank test for å sjå om skilnaden mellom to data var signifikante.

Data er framstilt som gjennomsnitt \pm standardavvik (SD). Den relative skilnaden mellom *Kvile* og *Styrke* er framstilt som gjennomsnitt \pm 95 % konfidensintervall (95 % KI).

Korrelasjonskoeffisientar vart vurdert som ubetydeleg ($< 0,1$), liten (0,1-0,29), moderat (0,30-0,49), stor (0,5-0,69), svært stor ($\geq 0,70$) eller nesten perfekt ($\geq 0,90$) (Hopkins, 2000). Effektstorleikar (ES) av skilnaden mellom *Kvile* og *Styrke* vart vurdert etter Cohen's *d* og blei rekna ut frå følgjande formel:

$$\text{Cohen's } d = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{SD_a} \quad , \quad SD_a = \sqrt{\frac{SD_1^2 + SD_2^2}{2}}$$

X_1 og SD_1 er høvesvis gjennomsnittet og standardavviket til *Styrke*. X_2 og SD_2 er høvesvis gjennomsnittet og standardavviket til *Kvile*. ES blei vurdert som ubetydeleg ($ES < 0,2$), liten ($0,2 \leq ES \leq 0,5$), moderat ($0,6 \leq ES \leq 0,8$) og stor $ES \geq 0,8$).

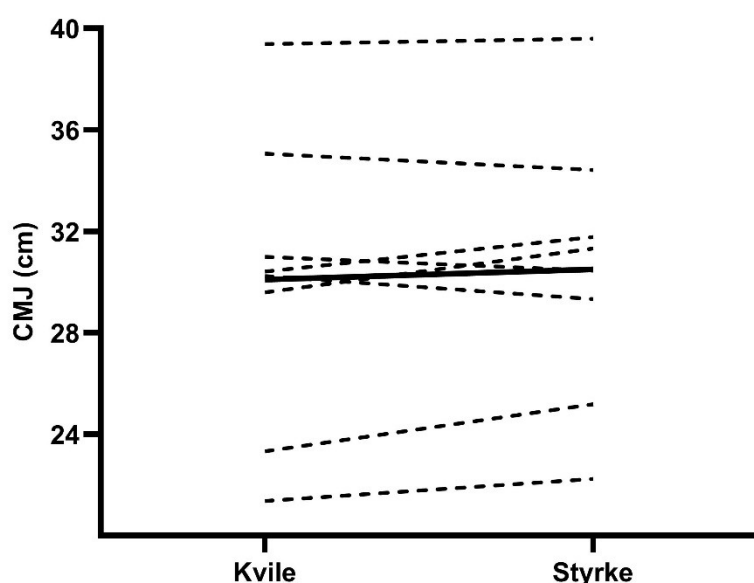
Absolutt reliabilitet blei kalkulert som prosenten av typical error for log-transformerte data (variasjonskoeffisient, CV) (Hopkins, 2000). CV og *smallest worthwhile change* (SWC = $0,2 \times SD$) til dei ulike variablane vart kalkulert med eit excel-rekneark utforma av Hopkins (2015).

CV og SWC for TTU og 30 m vart kalkulert ved å samanlikne resultatata frå *Kvile* og *Styrke*. CV og SWC for CMJ vart kalkulert ved å bruke det beste hoppet frå *Kvile*, *Styrke* og *tilvenningsøkt III* for kvar FP. CV for 20/50 Hz ratio vart kalkulert ved å nytte data frå tre testdagar frå eit masterprosjekt ved Norges idrettshøgskole (Dahl, 2019).

4. Resultat

4.1 Countermovement jump

Forsøkspersonane hoppa $1,6 \pm 2,8$ % høgare ved *Styrke* enn *Kvile* (figur 11), men auken var ikkje signifikant ($p = 0,25$) og lågare enn SWC (4,0 %). Det var ingen signifikant skilnadar mellom *Kvile* og *Styrke* ved dei nevro-muskulære trøytteleiksmarkørane «maks power» (PPO) eller «flight time:contraction ratio» (FT:CT ratio) (tabell 8).



Figur 11: Hoppøgde ved CMJ-test for alle FP ved *Kvile* og *Styrke*. Dei stipla linjene viser individuelle hoppøgder, medan den heiltrekte linja viser gjennomsnittleg hoppøgde for alle FP ved *Kvile* og *Styrke*.

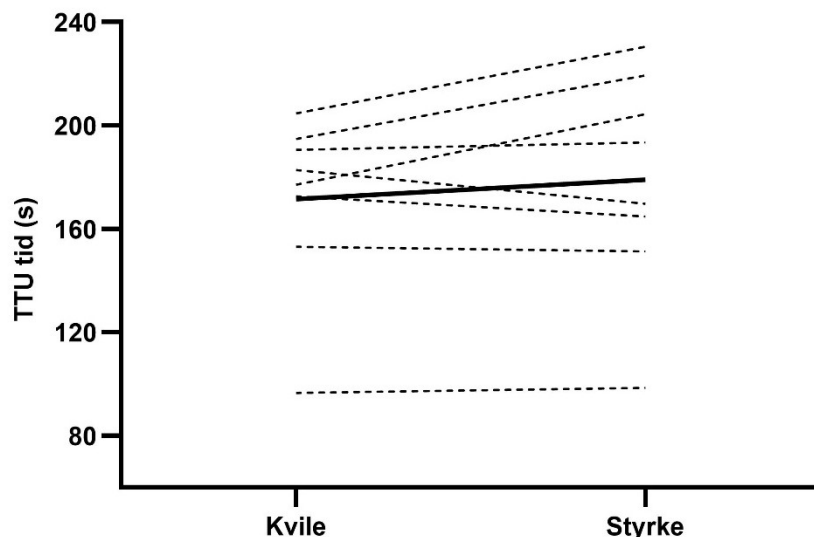
Tabell 8: Oversikt over hoppøgde, FT:CT ratio og PPO frå CMJ. Alle data er presentert som gjennomsnitt \pm SD ($n=8$)

	Kvile	Styrke
CMJ (cm)	$30 \pm 5,8$	$30,5 \pm 5,3$
FT:CT ratio	$0,61 \pm 0,09$	$0,63 \pm 0,09$
PPO (W)	3168 ± 492	3167 ± 502

CMJ: countermovement jump, FT:CT ratio: flight time:contraction time ratio, PPO: peak power output, W: watt.

4.2 Tid til utmatting – prestasjonstest staking stormølle

Ved tid til utmatting (TTU) heldt FP ut i $171,5 \pm 34,1$ s ved *Kvile* og $179,0 \pm 42,5$ s ved *Styrke*, som svarte til ein gjennomsnittleg ikkje-signifikant skilnad på $4,4 \pm 5,9$ %.



Figur 12: Tid ved TTU staking ved *Kvile* og *Styrke*. Dei stipla linjene viser individuelle tider, medan den heiltrekte linja viser gjennomsnittet for alle FP ved *Kvile* og *Styrke*.

4.2.1 Temporale karakteristikkar

Kontakttdid, syklus, slepptid og % av kontakttdid vart målt ved start (TTU_{START}) og siste 10 sekunda (TTU_{SLUTT}) ved TTU. Her var det ingen skilnadar mellom *Kvile* og *Styrke* ved både TTU_{START} og TTU_{SLUTT} (tabell 9). Det var signifikante skilnadar mellom TTU_{START} og TTU_{SLUTT} for alle temporale karakteristikkar med unntak av kontakttdid *Styrke*.

Tabell 9: Kontakttdid, slepptid, syklustid og % kontakttdid ved TTU_{START} og TTU_{SLUTT}. Alle data er presentert som gjennomsnitt \pm SD ($n=6$)

Variabel	TTU _{START}		TTU _{SLUTT}	
	Kvile	Styrke	Kvile	Styrke
Kontakttdid (s)	$0,32 \pm 0,02^a$	$0,32 \pm 0,01$	$0,31 \pm 0,02^a$	$0,31 \pm 0,03$
Slepptid (s)	$0,6 \pm 0,07^a$	$0,59 \pm 0,05^a$	$0,48 \pm 0,04^a$	$0,49 \pm 0,05^a$
Syklustid (s)	$0,92 \pm 0,06^a$	$0,91 \pm 0,04^a$	$0,79 \pm 0,02^a$	$0,8 \pm 0,03^a$
% Kontakttdid	$35 \pm 3,6^a$	35 ± 3^a	$39 \pm 3,6^a$	$39 \pm 3,9^a$

a- Signifikant skilnad mellom TTU_{START} og TTU_{SLUTT} ($p < 0,05$).

4.3 30m staking

FP testa akselerasjonshurtigheiten i staking ved 30 m staking både før (30m_{PRE}) og etter (30m_{POST}) TTU. Tabell 10 viser at det var ingen skilnadar mellom *Kvile* og *Styrke* både ved 30m_{PRE} og 30m_{POST}. Det var heller ingen skilnadar mellom *Kvile* og *Styrke* ved 0-5-, 5-20- og 20-30 m både ved 30m_{PRE} og 30m_{POST}. Analysane av endringane frå 30m_{PRE} til 30m_{POST} mellom *Kvile* og *Styrke* viste ingen skilnadar, med unntak av 5-20 m frå 30m_{PRE} til 30m_{POST} for *Styrke*. Her var det ein tendens til ein liten reduksjon i splittida på $1,5 \pm 1,5$ % ($p < 0,1$; ES: 0,2).

Tabell 10: Tider ved 30m-test i staking inkludert splittider frå 0-5m, 5-20m og 20-30m for *Kvile* og *Styrke* både før (30m_{PRE}) og etter TTU (30m_{POST}). Alle data er presentert som gjennomsnitt \pm SD. ($n=8$)

Variabel	30m _{PRE}		30m _{POST}	
	Kvile	Styrke	Kvile	Styrke
30 m (s)	5,66 \pm 0,43	5,65 \pm 0,44	5,71 \pm 0,42	5,71 \pm 0,41
0-5 m (s)	1,48 \pm 0,12	1,47 \pm 0,13	1,49 \pm 0,12	1,49 \pm 0,12
5-20 m (s)	2,66 \pm 0,22	2,66 \pm 0,20 ^a	2,67 \pm 0,20	2,70 \pm 0,20 ^a
20-30 m (s)	1,49 \pm 0,10	1,48 \pm 0,12	1,49 \pm 0,11	1,50 \pm 0,10

a- Tendens til signifikant reduksjon frå 30m_{PRE} til 30m_{POST} ved *Styrke* ($p < 0,1$).

4.4 Submaksimal O₂-kostnad

Fysiologiske data frå det submaksimale 5 minuttstraget i forkant av TTU er vist i tabell 11. Det var ingen skilnadar mellom *Kvile* og *Styrke* for alle dei fysiologiske variablane på det submaksimale draget.

Tabell 11: Fysiologiske data frå det submaksimale draget. Alle data er presentert som gjennomsnitt \pm SD ($n=8$)

	Kvile	Styrke
VO ₂ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	47,1 \pm 2,0	47,0 \pm 2,6
VO ₂ (mL·min ⁻¹)	3380 \pm 518	3375 \pm 514
HF (slag·min ⁻¹)	160 \pm 11	162 \pm 11
RPE (6-20)	13,3 \pm 1,7	13,0 \pm 1,5
VE (L·min ⁻¹)	97,4 \pm 17,4	96,5 \pm 15,8
RER	0,98 \pm 0,04	0,99 \pm 0,03
PF	40 \pm 10	40 \pm 10

VO₂: oksygenoptak, HF: hjartefrekvens, RPE: rating of perceived exertion etter submaksimalt arbeid, VE: ventilasjon, RER: respiratorisk utvekslingskvotient, PF: pustefrekvens.

4.5 Psykologiske parametrar

På hovudtestdagane vart det gjort enkle registreringar av dagsform og subjektiv klarheit for prestasjon (PR) ved første oppmøte på morgonen, før oppvarming og etter fullført oppvarming (tabell 12). Det var ingen signifikante skilnadar mellom *Kvile* og *Styrke*, men det vart funne ein tendens til betra dagsform frå morgon til før oppvarming ved *Styrke* ($p < 0,1$).

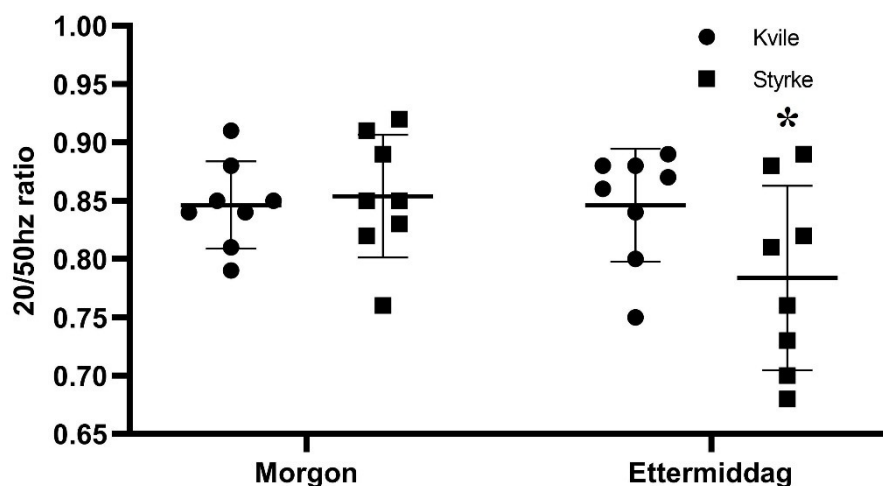
Tabell 12: Dagsform og subjektiv klarheit for prestasjon (PR) ved morgon, før oppvarming og etter oppvarming ved *Kvile* og *Styrke*. Alle data er presentert som gjennomsnitt \pm SD ($n=8$)

Variabel	Kvile	Styrke
Dagsform morgon (1-10)	7,7 \pm 1,6	7,3 \pm 1,7 ^a
Dagsform før oppvarming (1-10)	7,9 \pm 1,7	7,8 \pm 1,7 ^a
Dagsform etter oppvarming (1-10)	7,3 \pm 1,7	7,3 \pm 1,5
PR morgon (1-10)	8,1 \pm 1,9	8,1 \pm 1,8
PR før oppvarming (1-10)	7,8 \pm 1,8	8,5 \pm 1,4
PR etter oppvarming (1-10)	8,5 \pm 1,5	8,8 \pm 1,2

a- Tendens til skilnad mellom *Dagsform morgon* og *Dagsform før oppvarming* for *Styrke* ($p < 0,1$).

4.6 Elektrisk stimulering

Elektrisk stimulering vart gjennomført ved første oppmøte på morgonen og 5 timar seinare. 20/50 Hz ratio var signifikant lågare ved *Styrke* på ettermiddagen samanlikna med *Kvile* på ettermiddagen og *Styrke* på morgonen ($p < 0,05$) (figur 13).



Figur 13: 20/50 Hz ratio frå morgon og ettermiddag ved *Kvile* og *Styrke*. Alle data er presentert som gjennomsnitt \pm SD. ($n=8$). *Signifikant skilnad frå morgon og *Kvile*.

Tid amplitude max til 50 % var signifikant lågare på ettermiddagen ved *Styrke* samanlikna med *Styrke* på morgonen. Det vart også funne ein tendens til auke frå morgon til ettermiddag for tid 10-70 % amplitude ved *Styrke*. Tabell 13 viser fleire resultat frå tid 10-70 % amplitude og tid amplitude max til 50 % relaksasjon, i tillegg til max kontraksjon og max relaksasjon.

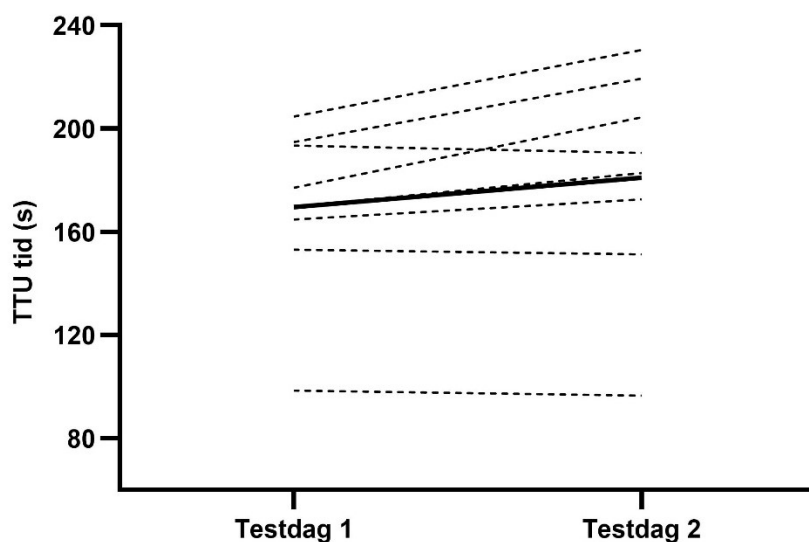
Tabell 13: Data frå elektrisk stimulering med 50 Hz av *m. vastus medialis* for *Kvile* og *Styrke* ved oppmøte morgon og før oppvarming på ettermiddagen. Alle data er presentert som gjennomsnitt \pm SD. ($n=8$)

	Morgon		Ettermiddag	
	Kvile	Styrke	Kvile	Styrke
Max kontraksjon (% per 10 ms)	10,5 \pm 1,1	10,4 \pm 1,9	10,1 \pm 1,8	10,0 \pm 2,2
Max relaksasjon (% per 10 ms)	-7,6 \pm 1,0	-8,0 \pm 1,2	-7,5 \pm 0,8	-7,9 \pm 1,2
Tid 10-70 % amp. (ms)	70,5 \pm 10,5	70,3 \pm 8,2 ^b	73,4 \pm 11,8	73,1 \pm 11,1 ^b
Tid amp max til 50 % rel. (ms)	112 \pm 13,9	117,4 \pm 14,5 ^a	105,6 \pm 13,9	98,4 \pm 8,8 ^a

a- Signifikant skilnad mellom morgon og ettermiddag ($p < 0,05$). b- Tendens til skilnad mellom morgon og ettermiddag ($p < 0,1$). N = newton, amp. = amplitude, ms. = millisekund, rel. = relaksasjon.

4.7 Rekkefølgeeffektar

Det vart funne signifikante skilnadar i TTU (figur 14) mellom testdag I og testdag II uavhengig av kva dei gjorde på morgonen, der FP heldt ut $6,8 \pm 4,9$ % lenger på testdag II ($p < 0,05$).



Figur 14: Tid ved TTU staking ved testdag nr 1 og testdag nr 2 for kvar FP. Dei stipla linjene viser individuelle tider, medan den heiltrekte linja viser gjennomsnittet for alle FP ved testdag I og testdag I.

Tabell 14 viser at det ikkje vart funne signifikante endringar mellom testdag I og testdag II for variablane CMJ, $30m_{PRE}$, $30m_{POST}$, O_2 -kostnad ved det submaksimale draget, PR etter oppvarming, RPE_{TTU} og 20/50 Hz ratio på morgonen. 20/50 Hz ratio på ettermiddagen viste ein ikkje-signifikant reduksjon frå testdag I til testdag II.

Tabell 14: Samanlikning av testdag I og testdag II. Alle data er presentert som gjennomsnitt \pm SD.

	Testdag I	Testdag I
CMJ (cm)	$30,2 \pm 5,6$	$30,4 \pm 5,8$
$30m_{PRE}$ (s)	$5,66 \pm 0,43$	$5,65 \pm 0,44$
$30m_{POST}$ (s)	$5,71 \pm 0,41$	$5,71 \pm 0,42$
Submaks VO_2 ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	$47,2 \pm 1,7$	$46,9 \pm 2,8$
PR etter oppvarming (1-10)	$8,5 \pm 1,5$	$8,8 \pm 1,2$
RPE_{TTU} (6-20)	$18,9 \pm 1,2$	$19,0 \pm 1,3$
20/50 Hz ratio morgon	$0,85 \pm 0,04$	$0,85 \pm 0,05$

20/50 Hz ratio ettermiddag	0,84 ± 0,08	0,80 ± 0,06
----------------------------	-------------	-------------

CMJ: countermovement jump, 30m_{PRE}: 30 m staking før TTU, 30m_{POST}: 30 m staking etter TTU, Submaks VO₂: O₂-kostnad på submaksimalt drag i staking, PR: opplevd klarheit, RPE_{TTU}: rate of perceived exertion etter TTU, Hz: frekvens.

4.8 Reliabilitet

CV og SWC for CMJ (hoppøgde), TTU, 30 m og 20/50 Hz ratio er presentert i tabell 15.

Tabell 15: Absolutt reliabilitet uttrykt som prosenten av typical error (variasjonskoeffisient, CV) og smallest worthwhile change (SWC).

	CV (%)	SWC (%)
CMJ (hoppøgde)	4,3	4,0
TTU	6,0	5,3
30m	0,9	1,5
20/50 Hz ratio	3,4	1,3

CMJ: countermovement jump

5. Diskusjon

Målet med studien var å undersøke effekten av ei morgonøkt bestående av tung overkropps- og beinstyrke på stakeprestasjon på rulleski og kraft- og effektutvikling i beina ved CMJ. Hovudfunna viste at tung styrketrening ikkje påverka prestasjonen i staking, CMJ, psykologiske parametrar eller fysiologiske data ved det submaksimale draget i staking.

5.1 Effekten av morgonøkt på stakeprestasjon

5.1.1 TTU

FP heldt ut $4,4 \pm 5,9$ % lenger ved *Styrke* enn *Kvile* i TTU, men skilnaden var ikkje signifikant. Skilnaden var også mindre enn SWC (5,3 %) og CV (6,0 %) som vart kalkulert. Basert på SWC som blei funne og variasjonskoeffisientane som er vanleg å finne i TTU (~10-30 %) (Amann, Hopkins & Marcora, 2008), ser det ut til at prestasjonsbetringa på 4,4 % er for liten til at den er meiningsfull ved ein slik test.

SWC og ES er variablar som påverkast direkte av storleiken på standardavviket (SD) til testresultata. Ein av FP i studien skilde seg markant ut frå dei andre FP ved TTU, og heldt ut dryge minuttet kortare enn dei andre FP ved begge vilkåra. Då denne FP blei ekskludert frå analysane vart det funne ein liten, men ikkje-signifikant effekt ($p = 0,25$; ES: 0,34) av *Styrke* på prestasjon. Analysar av resultata frå testdag I og testdag II indikerer derimot at denne betringa skuldast ei rekkefølgeeffekt. Sjølv om FP var aktive langrennsløparar der sju av åtte FP hadde stormølleerfaring frå før og alle gjennomførte hovudtestprotokollen på *tilvenningsdag II*, så viser analysane at FP likevel presterte signifikant betre ($+ 6,9 \pm 4,9$ %; ES: 0,3) på testdag II. Då eine FP som skilde seg ut vart ekskludert frå denne analysen, viste resultata ein moderat effekt (ES: 0,57), der FP heldt ut $7,5 \pm 5,0$ % lenger på testdag II. Sjølv om FP var blinda for tid og ikkje fekk verbale tilbakemeldingar undervegs i testane, så kan auka motivasjon/vilje ved testdag II forklare kvifor FP klarte å halde ut lenger. Det må likevel nemnast at FP rapporterte lik grad av motivasjon og utmatting ved begge vilkåra.

Den fråverande effekten av morgonøkta på TTU samsvarar med dei andre testane i studien, der *Styrke* gav ingen effekt på CMJ, akselerasjonshurtigheit eller fysiologiske data ved det submaksimale 5 minuttsdraget. Resultata samsvarar også med eit

masterprosjekt av Dahl (2019) som undersøkte effekten av morgonøkter på CMJ og løpsprestasjon på mellomdistanse (~2 min) hjå godt trena løparar. Dette prosjektet fann ingen signifikante eller meiningsfulle effektar på prestasjon og arbeidsøkonomi etter to ulike morgonøkter beståande av tung styrketrening med lågt volum eller løp og stigningsdrag.

Ingen tidlegare studiar har hatt tilsvarande problemstillingar eller forsøksoppsett som i denne studien, noko som gjer direkte samanlikningar vanskelege. McGowan et al. (2017) er den einaste studien som har undersøkt effekten av morgonøkter på godt trena uthaldsutøvarar på prestasjonstestar med ein varigheit på over 30 s. Symjarane i denne studien presterte 1,6-1,7 % betre på 100 m (~60 s) 6 timar etter ei morgonøkt samanlikna med kvile, og forklarte prestasjonsbetringa med auka kjernetemperatur. Denne studien nytta symjespesifikke morgonøkter med innslag av lengre hurtigheitsdrag, og det kan tenkast at denne studien burde nytta tilsvarande øvingar for langrenn, der ei spesifikk morgonøkt beståande av staking på rulleski kunne gjeve betre effekt. Spesifisitet vil bli diskutert vidare i kapittel 5.2.

Symjarane i McGowan et al. (2017) trena vanlegvis to gongar om dagen, noko som kan vere med på å forklare den positive effekten på ettermiddagsprestasjon i denne studien. Til samanlikning trena FP vanlegvis berre éin gong om dagen ($8,6 \pm 1,4$ økter/veke) i dette prosjektet. Frå praksisfeltet kjenner ein til at utøvarar som er vant til å trene to gongar om dagen har rapportert at dei mistar «spenninga» i muskulaturen om dei reduserer treningsfrekvensen for mykje i formtoppingsperiodar. Det kan difor spekulast i om sannsynet er større for å finne positive effektar av morgonøkter hjå utøvarar som er vant til å trene to økter om dagen. Vidare studiar bør difor inkludere fleire FP med varierende treningsfrekvens og undersøke om det er ein samanheng mellom treningsfrekvens og effekten av morgonøkter på ettermiddagsprestasjon.

Av andre studiar som har undersøkt prestasjonstestar med lenger varigheit (≥ 30 s), så har forskingsfunna vore sprikande. To studiar har vist ingen effekt (Oh et al., 2018; Woolstenhulme et al., 2004), éin studie har vist ein tendens til negativ effekt (Marrier et al., 2018), og éin studie har vist både ein tendens til positiv effekt og signifikant negativ effekt etter to ulike morgonøkter (Rampinini et al., 2017). Dette kan skuldast metodiske skilnadar, der dei nemnde studiane har nytta ulike morgonøkter for å undersøke

prestasjonen til FP med varierende treningsstatus i ulike idrettar. Woolstenhulme et al. (2004) er den einaste av desse studiane som har undersøkt effekten av tung styrketrening på ein prestasjonstest med varigheit over 30 s. I likskap med dette prosjektet og Dahl (2019) sitt masterprosjekt, så fann ikkje denne studien nokon effekt på prestasjonssevna i den anaerobe sykkeltesten «Wingate test» (30 s). Utøvarane i studien til Woolstenhulme et al. (2004) hadde berre 6 månaders styrketreningserfaring, og saman med det store totalvolumet i styrkeøkta, kan dette forklare kvifor FP ikkje fekk prestasjonsbetring.

Sjølv om evidensen er avgrensa, så kan resultata frå denne og tidlegare studiar tyde på at morgonøktar beståande av tung styrketrening ikkje betrar prestasjonen i testar som stiller krav til aerob og anaerob kapasitet. Det kan vidare spekulast i at uthaldsutøvarar generelt er ei gruppe som ikkje responderer positivt til tunge styrkeøktar, der nokre studiar indikerer at styrkenivået til utøvarane har betydning for responsen (Cook et al., 2014; Fry et al., 1995). Dette vil bli vidare studert i kapittel 5.2. Det er likevel interessant å sjå at prestasjonsevna held seg på same nivå sjølv 6 timar etter harde styrkeøktar for utøvarar med liten styrketreningserfaring. Dette viser at det sannsynlegvis skal ein del til for å «øydelegge» prestasjonsevna på ettermiddagen med tunge styrkeøktar på morgonen dersom volumet ikkje overdrivast. For uthaldsutøvarar er dette nyttig informasjon som viser at ein kan legge inn styrketrening på morgonen sjølv om ein skal trene hardt på ettermiddagen, utan at det nødvendigvis går utover kvaliteten på hardøkta.

5.1.2 30m stakesprint

30 m vart testa både før (30_{MPRE}) og etter (30_{MPST}) TTU for å undersøke effekten av ei morgonøkt beståande av overkropps- og beinstyrke på akselerasjonshurtigheit og effektutvikling i staking.

Den manglande effekten på 30m sprint kan skuldast fleire faktorar, der ein mogleg forklaring er at motstanden i overkroppsøvinga sitjande overtrekk var for lett og ikkje gav noko effekt på kraft- og effektutviklinga i overkroppen. Ser ein vekk frå eine langrennsløparen i denne studien, så trena langrennsløparane signifikant meir maksimal styrke for overkroppen ($1,6 \pm 0,9$ økter/veka) enn beina ($1,1 \pm 0,8$ økter/veka) ($p < 0,05$). Sjølv om lengre intervensjonsstudiar på utrena personar viser at muskulaturen i

beina ofte treng fleire seriar for å få same respons samanlikna med muskulaturen i overkroppen (Rønnestad et al., 2007), så kan det på bakgrunn av treningsmengdene til FP i denne studien spekuleras i at FP var sterkare i overkroppen enn beina. To av studiane som har funne effekt av morgonøker på overkroppen har nytta pressøvinga benkpress (Cook et al., 2014; Mason et al., 2016), der treningsbelastninga er større i den eksentriske fasen i høve til trekkøvinga sitjande overtrekk, som vart nytta i dette prosjektet. Sjølv om motstanden i den konsentriske fasen i denne studien var høg (~90 % av 1 RM), så er det mogleg at øvingar som gjev større belastning i den eksentriske fasen kunne fungert betre, som kroppshev.

Studiane som har funne signifikant prestasjonsbetring på repetert sprint har anten nytta protokollar med tung styrketrening og lågt volum (Cook et al., 2014), eller spesifikke protokollar beståande av løpssprintar med korte pausar (Cook et al., 2014; Russell et al., 2016). Det er difor mogleg at ei spesifikk protokoll beståande av stakesprintar kunne gitt effekt i dette prosjektet. Det må samstundes påpeikast at studiane som har funne effekt av spesifikke morgonøker har nytta mangelfulle oppvarmingsprotokollar beståande av berre 5 min oppvarming med lette drillar og korte submaksimale drag (< 40 m) før prestasjonstestane på ettermiddagen (Cook et al., 2014; Russell et al., 2016). 5 min oppvarming er sannsynlegvis for lite til å optimalisere kroppstemperaturen, der muskeltemperaturen ser ut til å nå eit platå etter 10-20 min oppvarming på moderat intensitet (Saltin, Gagge & Stolwijk, 1968). Energiomsetjinga og kroppstemperaturen kan vere forhøga opptil 15 timar etter trening (Melby et al., 1993). Sidan sjølv små endringar i muskel- og kjernetemperatur kan ha betydning for prestasjonsevna (Kilduff et al., 2013), så kan ei dårleg oppvarming før prestasjonstestane auke sannsynet for at morgonøker gir ein «falsk» effekt på prestasjonen som følgje av temperaturskilnadar eller andre forklaringsmekanismar. Ser ein nærare på Russel et al. (2016) sin studie, så viser resultata nettopp at FP berre presterte betre på dei to første repeterte sprintane samanlikna med kvile, medan det var ingen skilnadar mellom vilkåra ved dei fire siste sprintane.

I dette prosjektet gjennomførte FP ei grundig oppvarmingsprotokoll (~30 min) før sprinttestane som inkluderte lengre submaksimale drag (30 s-2min) og korte maksimale sprintdrag (30m) (figur 8). Ei grundig oppvarming som optimaliserer temperatur- og ikkje temperaturregulerte faktorar som VO₂-kinetikk, PAP og psykologiske faktorar vil

sannsynlegvis kunne redusere effekten av ei morgonøkt på ettermiddagsprestasjon, og vere med på å forklare kvifor det ikkje vart funne skilnadar mellom *Kvile* og *Styrke* i denne studien.

5.1.3 Effekten av auka styrke på stakeprestasjon

Mekanismane bak ei eventuelt betra prestasjonsevne som følgje av ei morgonøkt er som nemnd usikre, men dei postulerte forklaringsmekanismane i kapittel 2.1.1 som auka testosteronkonsentrasjon, kropps- og kjernetemperatur og nevromuskulære tilpassingar kan alle påverke evna til å utvikle kraft. Skal ei morgonøkt bestående av styrketrening kunne gi effekt på langrennsprestasjon, så er det sannsynleg at ei auka maksimal styrke og/eller effektutvikling i beina og overkroppen vil kunne forklare deler av denne effekten, i tillegg til psykiske faktorar som motivasjon og evna til å presse seg sjølv.

Studiar viser at det ikkje eksisterer nokon klar samanheng mellom å auke styrken og stake fortare på ski, der sjølv lengre intervensjonsstudiar med maksimal styrkeauke på ~10-24 % i stakespesifikke styrkeøvingar har vist sprikande funn på prestasjonstestar. Auka maksimal styrke har vist positiv effekt i TTU på stakeergometer med varigheit på ~5-12 min (Hoff, Gran & Helgerud, 2002; Hoff et al., 1999; Osteras, Helgerud & Hoff, 2002), medan det ikkje har gjeve effekt på verken sprintprestasjon på stakeergometer (Skattebo et al., 2016), tredemølle eller ute på rulleski (Losnegard et al., 2011; Mikkola, Rusko, Nummela, Paavolainen & Hakkinen, 2007). Dette prosjektet målte ikkje maksimal styrke i beina eller overkroppen, men resultat frå CMJ og 0-5 m-splittidene på 30 m-testen viste ingen skilnadar mellom vilkåra. Tidlegare studiar som har undersøkt effekten av morgonøkter på maksimal styrke har funne betringar på maksimalt 6 % (Fry et al., 1995; Cook et al., 2014). Dette indikerer at ein sannsynlegvis ikkje ville sett store betringar i maksimal bein- og overkroppsstyrke i denne studien heller. Når lengre styrketreningsintervensjonar med stor maksimal styrkeauke ikkje nødvendigvis gjev utslag i betra stakeprestasjon, kan det vere med på å forklare kvifor det ikkje vart funne ei betra stakeprestasjon i denne studien.

5.2 Effekten av morgonøkt på CMJ

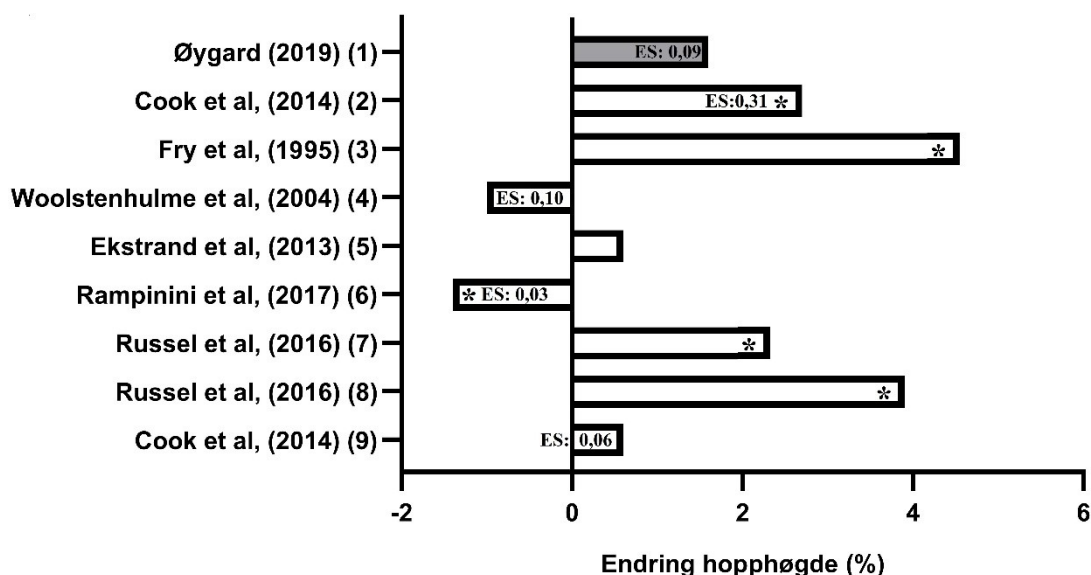
FP hoppa $1,6 \% \pm 2,4$ cm høgare ved *Styrke* enn *Kvile* i dette prosjektet, men auken i hoppøgde var lågare enn den minste meiningsfulle endringa som blei kalkulert. CV som blei kalkulert for CMJ i denne studien (4,0 %) er på linje med CV som er vanleg

(~3-6 %) å finne for slike testar (Arteaga, Dorado, Chavarren & Calbet, 2000; Cormack, Newton, McGuigan & Doyle, 2008; Markovic, Dizdar, Jukic & Cardinale, 2004). Samstundes har Moir, Button, Glaister og Stone (2004) vist lågare CV (2,4 %) ved bruk av beste av tre hopp der FP ikkje har hatt tilvenningsøktar i forkant. FP gjennomførte tre tilvenningsøktar i CMJ i dette prosjektet, og det var få dagar mellom testane. Testtilhøva var derimot ikkje 100 % like under *Kvile*, *Styrke* og *tilvenningsøkt III* grunna den gjennomførte morgonøkta ved *Styrke* og anna opplading i forkant av *tilvenningsøkt III*. Dette reduserer styrken i målingane av reliabilitet, men indikerer kanskje at CV til CMJ i denne studien i realiteten var lågare enn dei oppgjevne verdiane.

Få FP reduserer den statistiske styrken og aukar sannsynet for type II-feil, då berre eitt resultat i «feil» retning kan føre til at resultata ikkje vert signifikante. Det var få FP ($n = 8$) i denne studien, noko som følgeleg kan ha medført ein type II-feil. Då resultata frå CMJ i denne studien vart kombinert med resultata frå CMJ ved *Styrke*-vilkåret i masterprosjektet til Dahl (2019), vart det funne ei signifikant auka hoppøgde ($2,0 \pm 2,0$ %) ($p < 0,05$). ES som vart kalkulert var derimot framleis ubetydeleg (ES: 0,13), så fleire FP ville sannsynlegvis ikkje påverka betydninga av resultata.

Hoppøgde og CMJ-variablane FT:CT ratio og maks power kan nyttast som funksjonelle testar for å vurdere nevro-muskulær trøytteleik og klarheit i fleire idrettar (Bourdon et al., 2017; Claudino et al., 2017; Gathercole et al., 2015; Halson, 2014). Desse variablane viste ingen skilnadar mellom dei ulike vilkåra i dette prosjektet, noko som kan indikere at FP var restituert etter morgonøkta. Dette ser ut til å vere ein føresetnad for betra nevro-muskulær prestasjonsevne, der ei rekke studiar har vist at prestasjonen i eksplosive beinøvingar kan betrast 6-48 timar etter ei styrkeøkt dersom utøvarane er restituerte (Cook et al., 2014; Ekstrand et al., 2013; Gonzalez-Badillo et al., 2016; McCaulley et al., 2009; Raastad & Hallén, 2000; Tsoukos et al., 2018). Samstundes indikerte den signifikante reduksjonen i 20/50 Hz ratio frå morgon til ettermiddag ved *Styrke* lågfrekvenstrøytteleik (LFT) (Jones, 1996). Dette kan i motsetning bety at morgonøkta var for hard og/eller at restitusjonstida på 5 timar var for kort i denne studien. Dersom styrkeøkta på morgonen hadde gitt ein potensierande effekt av muskulaturen, så burde 20/50 Hz ratio auka, ettersom potensiering påverkar dei låge stimuleringsfrekvensane mest, som til dømes 20 Hz (Jones, 1996).

Sju tidlegare studiar har undersøkt effekten av ulike morgonøktar på ulike vertikale hopptestar med kvile som kontrollvilkår, der fem av desse studiane har undersøkt effekten av ulike protokollar med tung styrketrening på vertikal spenst som i dette prosjektet. Effekten av morgonøktene i dei ulike studiane med sine respektive morgonøktar er presentert i figur 15 og viser motstridande funn.



Figur 15: Effekten av morgonøktar beståande av tung styrketrening med lågt volum (1, 2, 3), tung styrketrening til utmatting/med høgt volum (4, 5) og sprint (6, 7, 8, 9). *signifikant endring ($p < 0,05$). ES er kalkulert for studiane som oppgav absolutte verdiar med SD. Morgonøktene i de Villarreal et al. (2007) sin studie vart ekskludert grunna manglande absolutte og relative verdiar i høve til kontrollvilkåret.

Det finst fleire moglege årsaksforklaringar bak dei ulike funna i desse studiane. Fry et al. (1995) og Cook et al. (2014) er dei einaste studiane som har funne signifikant effekt på vertikal spenst etter tung styrketrening med lågt volum, som blei nytta i dette prosjektet. I likskap med studiar som har undersøkt etteraktiveringseffekten (PAP) etter styrkeøvingar med tung motstand, så kan det sjå ut som styrkenivået til FP kan ha betydning for om ein får ein positiv effekt av tung styrketrening eller ikkje (Seitz & Haff, 2016). Baker (2003) og Hamada, Sale og Macdougall (2000) fann til dømes berre effekt av eit PAP-stimulus då FP vart differensiert i grupper basert på styrkenivå. Dei mannlige deltakarane i Fry et al. (1995) og Cook et al. (2014) sine studiar var betydeleg sterkare enn FP i dette prosjektet og løfta høvesvis 150-170 kg i 1 RM knebøy og 175 ± 13 kg i 3 RM knebøy. Dei sju mannlige deltakarane i dette prosjektet løfta til samanlikning 127 ± 12 kg i 90° 1 RM knebøy i smith-maskin. Det er difor mogleg at den maksimale beinstyrken til FP i dette prosjektet var for låg i høve til trenings-

belastninga på morgonen. Meta-analysar på PAP viser at «svake» utøvarar kan respondere betre på lettare belastning og fleire sett (Seitz & Haff, 2016) samanlikna med «sterke» utøvarar, og det er mogleg at dette prosjektet difor burde nytta ei morgonøkt med mindre motstand eller plyometrisk styrke, eller hatt strengare inklusjonskriteriar når det gjeld styrkenivå.

Spesifisitet er eit sentralt treningsprinsipp som bygger på studiar som viser at treningseffekten og styrkeauken ved trening er knytt til spesifikke øvingar og spesifikk rørslehastigheit (motstand), der ein får best effekt av å trene øvingar som er spesifikke til testøvinga (Behm & Sale, 1993; Sale & MacDougall, 1981; Young, 2006). Sjølv om styrkeøvinga knebøy var spesifikk til CMJ med omsyn til kontraksjonstype og leddvinklar, så var hastigheita ved treningsøvinga lågare enn testøvinga. Det same galdt også for øvinga sitjande overtrekk i høve til staking. Desse samanhengane er først og fremst undersøkt ved trening over lengre tid, men studiar på PAP har vist god effekt når treningsøvinga er spesifikk til testøvinga sitt krav (Crewther, Lowe, Weatherby, Gill & Keogh, 2009; Esformes & Bampouras, 2013). Det er difor mogleg at ei meir spesifikk morgonøkt bestående av til dømes hopp med/utan motstand og stakesprintar kunne gjeve effekt på CMJ og stakeprestasjon i dette prosjektet. Dette støttast vidare av Ekstrand et al. (2013) og Cook et al. (2014) sine studiar, som fann og foreslo rørslespesifikke effektar av morgonøkter. Tsokous et al. (2018) fann også liknande funn i sin studie der ei eksplosiv styrkeøkt med lågt volum (5 x 4 knebøyhopp på 40 % 1 RM) gav signifikant auka hoppøgde i CMJ 24 og 48 timar seinare, medan maksimal isometrisk kraft var uendra. Tsoukos et al. (2018) la fram fleire moglege forklaringsmekanismar bak kvifor eksplosiv styrketrening betra prestasjonen i CMJ, som auka fyringsfrekvens, fjørstivheit, større muskelaktivering og auka testosteronrespons og parasympatisk aktivitet ved slik trening. Ei anna og kanskje like sannsynleg forklaring kan vere at eksplosive styrkeøkter ofte har kortare restitusjonstid enn maksimale styrkeøkter med same totale arbeid (Gonzalez-Badillo et al., 2016; McCaulley et al., 2009).

Utifrå det som er diskutert, kan det sjå ut som spesifikke morgonøkter kan gje like god eller betre effekt enn tunge styrkeøkter. Vidare studiar på langrennsløparar bør difor undersøke effekten av spesifikke morgonøkter på rulleski bestående av korte hurtigheitsdrag og/eller lengre drag med kvile som kontrollvilkår.

5.3 Avgrensingar ved studien

5.3.1 Design og hovudtestprotokoll

Dette prosjektet vart gjennomført på stormølle, noko som reduserer overføringsverdien til staking på snø og dermed den ytre validiteten. Rørslene skjer rett fram på stormølla, og FP slepp å ta omsyn til variasjon i svingar, stigning eller hastigheit undervegs. Ved å kontrollere ytre faktorar aukar derimot reliabiliteten i studien.

Det var 72 timar mellom dei to ulike vilkåra; *Kvile* og *Styrke*. Dette er på linje med tidlegare studiar, som har hatt 48 og 168 timar mellom dei ulike vilkåra. Det er likevel mogleg at dette er fort kort tid til å unngå ein «wash out»-effekt, der morgonøkta ved *Styrke*-vilkåret eller prestasjonstestane ved begge vilkåra kan ha påverka resultatane på testdag II. Samstundes viste resultatane ingen skilnad mellom testdag I og testdag II, med unntak av TTU. Lengre pauseperiodar kunne også gjort det endå meir utfordrande å kontrollere forma til utøvarane, der det kan antakast at større formvariasjonar kunne oppstått dersom tidsrommet mellom testdagane var større. Sjølv om utøvarane blei bedne om å trene roleg og likt dei siste to dagane før begge testdagane, så viser formtoppingsstudiar at små skilnadar i volum og intensitet dei siste treningsdagane før testing kan ha påverka resultatane i studien (Bosquet, Montpetit, Arvisais & Mujika, 2007; Mujika & Padilla, 2003).

I denne studien ser det ut som det vart funne ei rekkefølgeeffekt ved testing av TTU. Metaanalysar på reliabilitet har vist at CV reduserast mykje når FP får prøve testane på førehand (Hopkins et al., 2001). Fleire tilvenningsøktar på stormølla kunne kanskje redusert betydninga av testrekkefølga og auka reliabiliteten ytterlegare.

Metodiske vurderingar TTU

I denne studien var det eit bevisst val å nytte ein TTU-test framfor ein «time trial» (TT), der FP gjennomfører ein bestemt distanse på kortast mogleg tid (Jeukendrup, Saris, Brouns & Kester, 1996). Ein TTU skil seg frå ein verkeleg konkurransesituasjon, noko som reduserer den ytre validiteten ytterlegare. Samstundes krev TTU mindre tilvenning ettersom FP slepp å styre farta sjølv (Hopkins, Schabert & Hawley, 2001). Dette gjorde det mogleg å blinde FP for tid, slik at dei ikkje kunne «kontrollere» inn til ei betre tid på testdag II om dei kunne styrt pacinga sjølv. Sundström, Carlsson, Ståhl og Tinnsten (2013) nytta simuleringstøytøy i sin studie på pacing i sprintlangrenn, og foreslo at

langrennsløparar kunne gå opptil 6,5 % raskare med ein optimal pacingstrategi. Sjølv om desse skilnadane sannsynlegvis ville vore mindre i ein TT på stormølle med konstant stigning og ingen retningsforandringar, så illustrerer dette at eventuelle skilnadar i pacingstrategi kunne maskert dei små eventuelle effektane av ei morgonøkt på ettermiddagsprestasjon (Roelands, de Koning, Foster, Hettinga & Meeusen, 2013).

Ei betring på 4,4 % som blei funne i dette prosjektet kan sjå stor og meningsfull ut, noko som kan skuldast at TTU er ekstra sensitive til prestasjonsendringar, der sjølv små endringar i effektproduksjon kan utgjere store endringar i TTU, samanlikna med ein TT (Hinckson & Hopkins, 2005; Peronnet, Thibault, Rhodes & McKenzie, 1987). Grunna den store variasjonskoeffisienten som er vanleg å finne i TTU (~10-30 %) samanlikna med TT (~1-3 %), har nokre forskarar argumentert for at dette indikerer lågare reliabilitet som kan maskere dei små endringane ein er ute etter å avdekke (Jeukendrup et al., 1996; McLellan, Cheung & Jacobs, 1995). Hopkins et al. (2001) er derimot ikkje samd i dette, og peikar på at TTU er ekstra sensitive til prestasjonsendringar. Dette støttast vidare av studien til Amann et al. (2008) som viste at TTU og TT er like sensitive. Den absolutte reliabiliteten i denne studien var relativt låg og hadde ein CV på 6,0 %. Den gode reliabiliteten kan blant anna skuldast den korte varigheita til testen, der studiar har rapportert lågare CV (< 10 %) ved prestasjonstestar med arbeidsbelastningar på over 100 % av VO_{2maks} (Coggan & Costill, 1984). FP i denne studien gjennomførte også heile hovudtestprotokollen på førehand og var godt trenar, noko som kan redusere CV ytterlegare (Hopkins et al., 2001). Samstundes var kalkuleringa av reliabilitet basert på berre to testdagar, noko som svekkar styrken til målingane av reliabilitet.

5.3.2 Forsøkspersonar

Det var berre åtte deltakarar i studien. Sjølv om eit crossover-design der FP er sin eigen kontroll krev færre FP enn andre studiar, så ville den statistiske styrken auka med eit større utval.

Fleire studiar tyder på at styrkeerfaringa og styrkenivået til utøvarane kan ha betydning for effekten av ei morgonøkt beståande av tung styrke. I denne studien var det relativt stor variasjon i styrkenivå og ei lita variasjon i styrketreningserfaring, og studien burde kanskje hatt strengare inklusjonskriteriar med tanke på styrkenivå og -erfaring og undersøkt ei meir homogen utøvargruppe.

5.4 Praktisk bruk

Resultata frå denne studien tyder på at ei morgonøkt beståande av tung styrketrening med lågt volum ikkje betrar prestasjonen på konkurransedag. Det er difor sannsynlegvis ikkje naudsynt å implementere ei slik morgonøkt i konkurransedagsrutinane for å betre prestasjonsevna. For langrennsløparar som ofte har tidleg rennstart kan dette vere gledelege nyhende ettersom det betyr at ein kan sove lenger med godt samvit.

Samstundes viser fleire systematiske oversiktartiklar at døgnrytmen kan ha effekt på den fysiske prestasjonsevna (Teo, Newton & McGuigan, 2011; Thun, Bjorvatn, Flo, Harris & Pallesen, 2015). Facer-Childs og Brandstaetter (2015) fann at tal timar i vaken tilstand før prestasjonstest var den enkeltfaktoren som predikerte prestasjonsevna best hjå 121 aktive idrettsutøvarar på den aerobe uthaldstesten «Beep test». Studien viste også at utøvarane med ein tidleg kronotype («A-menneske») og nøytral kronotype presterte best høvesvis $5,6 \pm 1,4$ timar og $6,4 \pm 0,7$ timar etter dei stod opp. Med bakgrunn i Facer-Childs og Brandstaetter (2015) sin studie kan det tenkast at ein av «effektane» til morgonøkt er at utøvarane får gode konkurransedagsrutinar der dei står opp tidleg nok i høve til konkurransetidspunktet. Dette kan vere spesielt viktig i langrenn der konkurransestarten ofte er på føremiddagen.

Tidlegare publiserte studiar viser at det skal mykje til for å hemme prestasjonsevna som følgje av morgonøkt, der berre to publiserte studiar har vist negativ effekt (Marrier et al., 2018; Rampinini et al., 2017). Sjølv protokollar med tung styrketrening med relativt stort volum for utøvarar med avgrensa styrketreningserfaring har vist ingen negative effektar av morgontrening på ein anaerob prestasjonstest 6 timar seinare (Woolstenhulme et al., 2004). I periodar med mykje hardtrening eller konkurranseperiodar er dette nyttig informasjon, som viser at ein kan legge inn «vedlikehaldsstyrke» på kvalitetsdagar utan at det nødvendigvis går utover kvaliteten på hardøktene. Studiar viser at ei tung styrkeøkt med lågt volum i veka kan vere nok for å halde ved like styrken og muskelmassen i beina i konkurransesesongen hjå godt styrketrena sykkistar og fotballspelarar (Rønnestad, Hansen & Raastad, 2010; Rønnestad, Nymark & Raastad, 2011). Sjølv om tung styrketrening med lågt volum ikkje ser ut til å hemme prestasjonsevna på konkurransedag, så må det totale styrketreningsvolumet samstundes sjåast i samanheng med totalbelastninga og restitusjonen til utøvarane over lengre periodar. Studiar har vist at to eller fleire styrkeøkter i veka i konkurransesesongen kan ha negative effektar på styrke-, spenst- og sprintprestasjon (Kraemer et al., 2004).

Den individuelle responsen må også takast omsyn til, der nokre utøvarar kan prestere betre med morgonøkt og andre dårlegare. Vurderer ein å implementere morgonøkter i konkurransedagsrutinane, så er utfordringa for utøvarar å finne ut kva morgonøkter som fungerer i samråd med trenar. Ein skal heller ikkje undervurdere det mentale aspektet, der ein frå praksisfeltet kjenner til at gode konkurransedagsrutinar og placeboeffekten kan vere viktig for mange utøvarar (Beedie & Foad, 2009).

6. Konklusjon

Ei morgonøkt bestående av tung styrketrening med lågt volum påverka ikkje stakeprestasjonen på verken 30 m sprint eller ein tid til utmattingstest (~2-4 min) 5 timar seinare. Morgonøkta påverka heller ikkje kraft- og effektutviklinga i beina, arbeidsøkonomien i staking eller psykologiske parametarar. Dette indikerer at ein kan legge inn slike morgonøker på konkurransedagar utan at det går utover prestasjonsevna.

Referansar

- Aagaard, P. & Andersen, J. L. (2010). Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes. *Scand J Med Sci Sports, 20 Suppl 2*, 39-47. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01197.x>
- Amann, M., Hopkins, W. G. & Marcora, S. M. (2008). Similar sensitivity of time to exhaustion and time-trial time to changes in endurance. *Med Sci Sports Exerc, 40*(3), 574-578. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31815e728f>
- Andersson, E., Björklund, G., Holmberg, H.-C. & Ørtenblad, N. (2017). Energy system contributions and determinants of performance in sprint cross-country skiing. *Scand J Med Sci Sports, 27*(4), 385-398. <https://doi.org/doi:10.1111/sms.12666>
- Andersson, E., Supej, M., Sandbakk, O., Sperlich, B., Stöggl, T. & Holmberg, H. C. (2010). Analysis of sprint cross-country skiing using a differential global navigation satellite system. *Eur J Appl Physiol, 110*(3), 585-595. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1535-2>
- Arteaga, R., Dorado, C., Chavarren, J. & Calbet, J. A. (2000). Reliability of jumping performance in active men and women under different stretch loading conditions. *J Sports Med Phys Fitness, 40*(1), 26-34.
- Asmussen, E. & Boje, O. (1945). Body Temperature and Capacity for Work. *Acta Physiologica Scandinavica, 10*(1), 1-22. <https://doi.org/doi:10.1111/j.1748-1716.1945.tb00287.x>
- Baker, D. (2003). Acute effect of alternating heavy and light resistances on power output during upper-body complex power training. *J Strength Cond Res, 17*(3), 493-497.
- Bangsbo, J., Gollnick, P. D., Graham, T. E., Juel, C., Kiens, B., Mizuno, M. & Saltin, B. (1990). Anaerobic energy production and O₂ deficit-debt relationship during exhaustive exercise in humans. *J Physiol, 422*, 539-559.
- Bassett, D. R., Jr. & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc, 32*(1), 70-84.
- Basso, J. C. & Suzuki, W. A. (2017). The Effects of Acute Exercise on Mood, Cognition, Neurophysiology, and Neurochemical Pathways: A Review. *Brain*

plasticity (Amsterdam, Netherlands), 2(2), 127-152.
<https://doi.org/10.3233/BPL-160040>

- Beedie, C. J. & Foad, A. J. (2009). The placebo effect in sports performance: a brief review. *Sports Med*, 39(4), 313-329. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939040-00004>
- Behm, D. G. & Sale, D. G. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Med*, 15(6), 374-388. <https://doi.org/10.2165/00007256-199315060-00003>
- Bergh, U. & Ekblom, B. (1979). Influence of muscle temperature on maximal muscle strength and power output in human skeletal muscles. *Acta Physiol Scand*, 107(1), 33-37. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1979.tb06439.x>
- Bishop, D. (2003a). Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Med*, 33(6), 439-454.
- Bishop, D. (2003b). Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Med*, 33(7), 483-498.
- Bishop, P. A., Jones, E. & Woods, A. K. (2008). Recovery from training: a brief review: brief review. *J Strength Cond Res*, 22(3), 1015-1024.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816eb518>
- Blondel, N., Berthoin, S., Billat, V. & Linsel, G. (2001). Relationship between run times to exhaustion at 90, 100, 120, and 140% of $v\text{VO}_2\text{max}$ and velocity expressed relatively to critical velocity and maximal velocity. *Int J Sports Med*, 22(1), 27-33. <https://doi.org/10.1055/s-2001-11357>
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*, 14(5), 377-381.
- Borve, J., Jevne, S. N., Rud, B. & Losnegard, T. (2017). Upper-Body Muscular Endurance Training Improves Performance Following 50 min of Double Poling in Well-Trained Cross-Country Skiers. *Front Physiol*, 8, 690.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00690>
- Bosquet, L., Leger, L. & Legros, P. (2002). Methods to determine aerobic endurance. *Sports Med*, 32(11), 675-700. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232110-00002>

- Bosquet, L., Montpetit, J., Arvisais, D. & Mujika, I. (2007). Effects of tapering on performance: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 39(8), 1358-1365.
<https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31806010e0>
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., ... Cable, N. T. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(Suppl 2), S2161-s2170.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0208>
- Bulbulian, R., Wilcox, A. R. & Darabos, B. L. (1986). Anaerobic contribution to distance running performance of trained cross-country athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 18(1), 107-113.
- Calbet, J. A., Holmberg, H. C., Rosdahl, H., van Hall, G., Jensen-Urstad, M. & Saltin, B. (2005). Why do arms extract less oxygen than legs during exercise? *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 289(5), R1448-1458.
<https://doi.org/10.1152/ajpregu.00824.2004>
- Capelli, C. (1999). Physiological determinants of best performances in human locomotion. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 80(4), 298-307.
<https://doi.org/10.1007/s004210050596>
- Claudino, J. G., Cronin, J., Mezencio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., ... Serrao, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *J Sci Med Sport*, 20(4), 397-402.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>
- Coggan, A. R. & Costill, D. L. (1984). Biological and technological variability of three anaerobic ergometer tests. *Int J Sports Med*, 5(3), 142-145.
<https://doi.org/10.1055/s-2008-1025896>
- Cook, C. J. & Crewther, B. T. (2012). Changes in salivary testosterone concentrations and subsequent voluntary squat performance following the presentation of short video clips. *Horm Behav*, 61(1), 17-22.
<https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2011.09.006>
- Cook, C. J., Kilduff, L. P., Crewther, B. T., Beaven, M. & West, D. J. (2014). Morning based strength training improves afternoon physical performance in rugby union players. *J Sci Med Sport*, 17(3), 317-321.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.04.016>
- Cormack, S. J., Newton, R. U. & McGuigan, M. R. (2008). Neuromuscular and endocrine responses of elite players to an Australian rules football match. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(3), 359-374.

- Cormack, S. J., Newton, R. U., McGuigan, M. R. & Doyle, T. L. (2008). Reliability of measures obtained during single and repeated countermovement jumps. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(2), 131-144.
- Costill, D. L., Thomason, H. & Roberts, E. (1973). Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med Sci Sports*, 5(4), 248-252.
- Crewther, B. T., Lowe, T., Weatherby, R. P., Gill, N. & Keogh, J. (2009). Neuromuscular performance of elite rugby union players and relationships with salivary hormones. *J Strength Cond Res*, 23(7), 2046-2053. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b73c19>
- Dahl, E. B. (2019). *Morgenøker påvirker ikke løpsprestasjon på ettermiddagen hos mellomdistanseløpere på nasjonalt nivå*. Masteroppgåve ved Norges idrettshøgskole, Oslo.
- Davies, C. T. & Thompson, M. W. (1979). Aerobic performance of female marathon and male ultramarathon athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 41(4), 233-245.
- di Prampero, P. E. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *Eur J Appl Physiol*, 90(3-4), 420-429. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0926-z>
- Ekstrand, L. G., Battaglini, C. L., McMurray, R. G. & Shields, E. W. (2013). Assessing explosive power production using the backward overhead shot throw and the effects of morning resistance exercise on afternoon performance. *J Strength Cond Res*, 27(1), 101-106. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182510886>
- Esformes, J. I. & Bampouras, T. M. (2013). Effect of back squat depth on lower-body postactivation potentiation. *J Strength Cond Res*, 27(11), 2997-3000. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31828d4465>
- Facer-Childs, E. & Brandstaetter, R. (2015). The impact of circadian phenotype and time since awakening on diurnal performance in athletes. *Curr Biol*, 25(4), 518-522. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.12.036>
- Faude, O., Kindermann, W. & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Med*, 39(6), 469-490. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939060-00003>
- Fry, A. C., Stone, M. H., Thrush, J. T. & Fleck, S. J. (1995). Precompetition Training Sessions Enhance Competitive Performance of High Anxiety Junior Weightlifters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 9(1), 37-42.

- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med*, 31(10), 725-741. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131100-00003>
- Gathercole, R. J., Sporer, B. C., Stellingwerff, T. & Sleivert, G. G. (2015). Comparison of the Capacity of Different Jump and Sprint Field Tests to Detect Neuromuscular Fatigue. *J Strength Cond Res*, 29(9), 2522-2531. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000912>
- Gonzalez-Badillo, J. J., Rodriguez-Rosell, D., Sanchez-Medina, L., Ribas, J., Lopez-Lopez, C., Mora-Custodio, R., ... Pareja-Blanco, F. (2016). Short-term Recovery Following Resistance Exercise Leading or not to Failure. *Int J Sports Med*, 37(4), 295-304. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1564254>
- Green, S. & Dawson, B. (1993). Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems. *Sports Med*, 15(5), 312-327. <https://doi.org/10.2165/00007256-199315050-00003>
- Guignard, M. M., Pesquies, P. C., Serrurier, B. D., Merino, D. B. & Reinberg, A. E. (1980). Circadian rhythms in plasma levels of cortisol, dehydroepiandrosterone, delta 4-androstenedione, testosterone and dihydrotestosterone of healthy young men. *Acta Endocrinol (Copenh)*, 94(4), 536-545.
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med*, 44 Suppl 2(Suppl 2), S139-147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- Hamada, T., Sale, D. G. & Macdougall, J. D. (2000). Postactivation potentiation in endurance-trained male athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 32(2), 403-411.
- Hébert-Losier, K., Zinner, C., Platt, S., Stöggl, T. & Holmberg, H.-C. (2017). Factors that Influence the Performance of Elite Sprint Cross-Country Skiers. *Sports Medicine*, 47(2), 319-342. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0573-2>
- Henry, J. P. (1992). Biological basis of the stress response. *Integr Physiol Behav Sci*, 27(1), 66-83.
- Hinckson, E. A. & Hopkins, W. G. (2005). Reliability of time to exhaustion analyzed with critical-power and log-log modeling. *Med Sci Sports Exerc*, 37(4), 696-701.
- Hodgson, M., Docherty, D. & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation: underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Med*, 35(7), 585-595.

- Hoff, J., Gran, A. & Helgerud, J. (2002). Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scand J Med Sci Sports*, 12(5), 288-295.
- 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.
- Holmberg, H. C., Lindinger, S., Stöggl, T., Eitzlmair, E. & Muller, E. (2005). Biomechanical analysis of double poling in elite cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, 37(5), 807-818.
- Holmberg, H. C., Rosdahl, H. & Svedenhag, J. (2007). Lung function, arterial saturation and oxygen uptake in elite cross country skiers: influence of exercise mode. *Scand J Med Sci Sports*, 17(4), 437-444. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00592.x>
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med*, 30(1), 1-15. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030010-00001>
- Hopkins, W. G. (2015). Spreadsheets for Analysis of Validity and Reliability. *Sportscience*, 19, 36-42.
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M. & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*, 41(1), 3-13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Hopkins, W. G., Schabort, E. J. & Hawley, J. A. (2001). Reliability of power in physical performance tests. *Sports Med*, 31(3), 211-234. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131030-00005>
- Jeukendrup, A., Saris, W. H., Brouns, F. & Kester, A. D. (1996). A new validated endurance performance test. *Med Sci Sports Exerc*, 28(2), 266-270.
- Jones, A. M., Grassi, B., Christensen, P. M., Krstrup, P., Bangsbo, J. & Poole, D. C. (2011). Slow component of VO₂ kinetics: mechanistic bases and practical applications. *Med Sci Sports Exerc*, 43(11), 2046-2062. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31821fcfc1>
- Jones, A. M. & Poole, D. C. (2005). Oxygen uptake dynamics: from muscle to mouth--an introduction to the symposium. *Med Sci Sports Exerc*, 37(9), 1542-1550.

- Jones, D. A. (1996). High-and low-frequency fatigue revisited. *Acta Physiol Scand*, 156(3), 265-270. <https://doi.org/10.1046/j.1365-201X.1996.192000.x>
- Jones, D. A., Newham, D. J. & Torgan, C. (1989). Mechanical influences on long-lasting human muscle fatigue and delayed-onset pain. *J Physiol*, 412, 415-427. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1989.sp017624>
- Kilduff, L. P., West, D. J., Williams, N. & Cook, C. J. (2013). The influence of passive heat maintenance on lower body power output and repeated sprint performance in professional rugby league players. *J Sci Med Sport*, 16(5), 482-486. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.11.889>
- Kraemer, W. J., French, D. N., Paxton, N. J., Hakkinen, K., Volek, J. S., Sebastianelli, W. J., ... Knuttgen, H. G. (2004). Changes in exercise performance and hormonal concentrations over a big ten soccer season in starters and nonstarters. *J Strength Cond Res*, 18(1), 121-128.
- Kraemer, W. J., Loebel, C. C., Volek, J. S., Ratamess, N. A., Newton, R. U., Wickham, R. B., ... Hakkinen, K. (2001). The effect of heavy resistance exercise on the circadian rhythm of salivary testosterone in men. *Eur J Appl Physiol*, 84(1-2), 13-18. <https://doi.org/10.1007/s004210000322>
- Kraemer, W. J. & Ratamess, N. A. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med*, 35(4), 339-361. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00004>
- Kroon, G. W. & Naeije, M. (1991). Recovery of the human biceps electromyogram after heavy eccentric, concentric or isometric exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 63(6), 444-448.
- Losnegard, T. (2013). *Physiological determinants of performance in modern elite crosscountry skiing*. Doktorgradsavhandling ved Norges idrettshøgskole, Oslo.
- Losnegard, T. & Hallén, J. (2014). Physiological differences between sprint- and distance-specialized cross-country skiers. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(1), 25-31. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2013-0066>
- Losnegard, T., Mikkelsen, K., Rønnestad, B. R., Hallén, 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. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01074.x>

- Losnegard, T., Myklebust, H. & Hallén, J. (2012). Anaerobic capacity as a determinant of performance in sprint skiing. *Med Sci Sports Exerc*, 44(4), 673-681. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182388684>
- Losnegard, T., Schäfer, D. & Hallén, J. (2014). Exercise economy in skiing and running. *Front Physiol*, 5, 5-5. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00005>
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I. & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *J Strength Cond Res*, 18(3), 551-555. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<551:Rafvos>2.0.Co;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<551:Rafvos>2.0.Co;2)
- Marrier, B., Durguerian, A., Robineau, J., Chennaoui, M., Sauvet, F., Servonnet, A., ... Meur, Y. L. (2018). Preconditioning Strategy in Rugby-7s Players: Beneficial or Detrimental? *Int J Sports Physiol Perform*, 0(0), 1-26. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0505>
- Mason, B., Argus, C., Norcott, B. & Ball, N. (2016). *Resistance Training Priming Activity Improves Upper-Body Power Output in Rugby Players: Implications for Game Day Performance.*
- McCaulley, G. O., McBride, J. M., Cormie, P., Hudson, M. B., Nuzzo, J. L., Quindry, J. C. & Travis Triplett, N. (2009). Acute hormonal and neuromuscular responses to hypertrophy, strength and power type resistance exercise. *Eur J Appl Physiol*, 105(5), 695-704. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0951-z>
- McGawley, K. & Holmberg, H. C. (2014). Aerobic and anaerobic contributions to energy production among junior male and female cross-country skiers during diagonal skiing. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(1), 32-40. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0239>
- McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G., Raglin, J. S. & Rattray, B. (2017). Morning Exercise: Enhancement of Afternoon Sprint-Swimming Performance. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(5), 605-611. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0276>
- McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G. & Rattray, B. (2015). Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. *Sports Med*, 45(11), 1523-1546. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0376-x>
- McLellan, C. P., Lovell, D. I. & Gass, G. C. (2011). The role of rate of force development on vertical jump performance. *J Strength Cond Res*, 25(2), 379-385. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181be305c>

- McLellan, T. M., Cheung, S. S. & Jacobs, I. (1995). Variability of time to exhaustion during submaximal exercise. *Can J Appl Physiol*, 20(1), 39-51.
- Medbo, J. I., Mohn, A. C., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O. & Sejersted, O. M. (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *J Appl Physiol* (1985), 64(1), 50-60. <https://doi.org/10.1152/jappl.1988.64.1.50>
- Medbo, J. I. & Tabata, I. (1989). Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. *J Appl Physiol* (1985), 67(5), 1881-1886. <https://doi.org/10.1152/jappl.1989.67.5.1881>
- Melby, C., Scholl, C., Edwards, G. & Bullough, R. (1993). Effect of acute resistance exercise on postexercise energy expenditure and resting metabolic rate. *Journal of Applied Physiology*, 75(4), 1847-1853. <https://doi.org/10.1152/jappl.1993.75.4.1847>
- Mikkola, J. S., Rusko, H. K., Nummela, A. T., Paavolainen, L. M. & Hakkinen, K. (2007). Concurrent endurance and explosive type strength training increases activation and fast force production of leg extensor muscles in endurance athletes. *J Strength Cond Res*, 21(2), 613-620. <https://doi.org/10.1519/r-20045.1>
- Moir, G., Button, C., Glaister, M. & Stone, M. H. (2004). Influence of familiarization on the reliability of vertical jump and acceleration sprinting performance in physically active men. *J Strength Cond Res*, 18(2), 276-280. <https://doi.org/10.1519/r-13093.1>
- Mujika, I. & Padilla, S. (2003). Scientific bases for precompetition tapering strategies. *Med Sci Sports Exerc*, 35(7), 1182-1187. <https://doi.org/10.1249/01.Mss.0000074448.73931.11>
- Mygind, E., Larsson, B. & Klausen, T. (1991). Evaluation of a specific test in cross-country skiing. *J Sports Sci*, 9(3), 249-257. <https://doi.org/10.1080/02640419108729887>
- Newham, D. J., Jones, D. A. & Clarkson, P. M. (1987). Repeated high-force eccentric exercise: effects on muscle pain and damage. *J Appl Physiol* (1985), 63(4), 1381-1386. <https://doi.org/10.1152/jappl.1987.63.4.1381>
- Noakes, T. D. (1988). Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. *Med Sci Sports Exerc*, 20(4), 319-330.

- Noordhof, D. A., de Koning, J. J., van Erp, T., van Keimpema, B., de Ridder, D., Otter, R. & Foster, C. (2010). The between and within day variation in gross efficiency. *Eur J Appl Physiol*, 109(6), 1209-1218. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1497-4>
- Oh, S. H., Mierau, A., Thevis, M., Thomas, A., Schneider, C. & Ferrauti, A. (2018). Effects of different exercise intensities in the morning on football performance components in the afternoon. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 48(2), 235-244. <https://doi.org/10.1007/s12662-018-0520-5>
- Orlick, T. & Partington, J. (1987). The sport psychology consultant: Analysis of critical components as viewed by Canadian Olympic athletes. *The Sport Psychologist*, 1(1), 4-17.
- Osteras, H., Helgerud, J. & 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(3), 255-263. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0717-y>
- Paulsen, G., & Raastad, T. (2010). Restitusjon. I: Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P. E., Rønnestad, B. R., & Wisnes A. R. *Styrketrening – i teori og praksis* (s. 273-306). Oslo: Gyldendal Undervisning.
- Pellegrini, B., Zoppirolli, C., Bortolan, L., Holmberg, H.-C., Zamparo, P. & Schena, F. (2013). Biomechanical and energetic determinants of technique selection in classical cross-country skiing. *Human movement science*, 32(6), 1415-1429. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.07.010>
- Peronnet, F., Thibault, G., Rhodes, E. C. & McKenzie, D. C. (1987). Correlation between ventilatory threshold and endurance capability in marathon runners. *Med Sci Sports Exerc*, 19(6), 610-615.
- Raastad, T. & Hallén, J. (2000). Recovery of skeletal muscle contractility after high- and moderate-intensity strength exercise. *Eur J Appl Physiol*, 82(3), 206-214. <https://doi.org/10.1007/s004210050673>
- Racinais, S., Cocking, S. & Periard, J. D. (2017). Sports and environmental temperature: From warming-up to heating-up. *Temperature (Austin)*, 4(3), 227-257. <https://doi.org/10.1080/23328940.2017.1356427>
- Racinais, S. & Oksa, J. (2010). Temperature and neuromuscular function. *Scand J Med Sci Sports*, 20 Suppl 3, 1-18. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01204.x>

- Rampinini, E., Donghi, F., Bosio, A., Fanchini, M., Carlomagno, D., Maffiuletti, N. (2017). Effect of morning priming exercise on afternoon performance in young soccer players. I: *untitled – World Conference on Science and Soccer* (s. 105-106). Rennes: World Conference on Science and Soccer
- Roelands, B., de Koning, J., Foster, C., Hettinga, F. & Meeusen, R. (2013). Neurophysiological determinants of theoretical concepts and mechanisms involved in pacing. *Sports Med*, 43(5), 301-311. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0030-4>
- Rønnestad, B. R., Egeland, W., Kvamme, N. H., Refsnes, P. E., Kadi, F. & Raastad, T. (2007). Dissimilar effects of one- and three-set strength training on strength and muscle mass gains in upper and lower body in untrained subjects. *J Strength Cond Res*, 21(1), 157-163. <https://doi.org/10.1519/r-19895.1>
- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A. & Raastad, T. (2010). In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. *Eur J Appl Physiol*, 110(6), 1269-1282. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1622-4>
- Rønnestad, B. R. & Mujika, I. (2014). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scand J Med Sci Sports*, 24(4), 603-612. <https://doi.org/10.1111/sms.12104>
- Rønnestad, B. R., Nymark, B. S. & Raastad, T. (2011). Effects of in-season strength maintenance training frequency in professional soccer players. *J Strength Cond Res*, 25(10), 2653-2660. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822dcd96>
- Rosenbaum, D. & Hennig, E. M. (1995). The influence of stretching and warm-up exercises on Achilles tendon reflex activity. *J Sports Sci*, 13(6), 481-490. <https://doi.org/10.1080/02640419508732265>
- Rundell, K. W. & Bacharach, D. W. (1995). Physiological characteristics and performance of top U.S. biathletes. *Med Sci Sports Exerc*, 27(9), 1302-1310.
- Russell, M., King, A., Bracken, R. M., Cook, C. J., Giroud, T. & Kilduff, L. P. (2016). A Comparison of Different Modes of Morning Priming Exercise on Afternoon Performance. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(6), 763-767. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0508>
- de Villarreal, E. S. S., Gonzalez-Badillo, J. J. & Izquierdo, M. (2007). Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *Eur J Appl Physiol*, 100(4), 393-401. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0440-9>

- Sale, D. G & MacDougall, D. (1981). Specificity in strength training: a review for the coach and athlete. *Can J Appl Sport Sci*, 6(2), 87-92.
- Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exerc Sport Sci Rev*, 30(3), 138-143.
- Saltin, B. & Astrand, P. O. (1967). Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol*, 23(3), 353-358. <https://doi.org/10.1152/jappl.1967.23.3.353>
- Saltin, B., Gagge, A. P. & Stolwijk, J. A. (1968). Muscle temperature during submaximal exercise in man. *J Appl Physiol*, 25(6), 679-688. <https://doi.org/10.1152/jappl.1968.25.6.679>
- Sandbakk, Ø., Ettema, G., Leirdal, S., Jakobsen, V. & Holmberg, H.-C. (2011a). Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance. *Eur J Appl Physiol*, 111(6), 947-957. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1719-9>
- Sandbakk, Ø., Ettema, G., Leirdal, S., Jakobsen, V. & Holmberg, H.-C. (2011b). Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance. *Eur J Appl Physiol*, 111(6), 947-957. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1719-9>
- Sandbakk, Ø. & Holmberg, H.-C. (2017). Physiological Capacity and Training Routines of Elite Cross-Country Skiers: Approaching the Upper Limits of Human Endurance. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(8), 1003-1011. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0749>
- Sandbakk, Ø., Holmberg, H.-C., Leirdal, S. & Ettema, G. (2010). Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world class and national level sprint skiers. *Eur J Appl Physiol*, 109(3), 473-481. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1372-3>
- Sandbakk, Ø., Holmberg, H.-C., Leirdal, S. & Ettema, G. (2011). The physiology of world-class sprint skiers. *Scand J Med Sci Sports*, 21(6), e9-16. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01117.x>
- Seitz, L. B. & Haff, G. G. (2016). Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Med*, 46(2), 231-240. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0415-7>

- Shellock, F. G. & Prentice, W. E. (1985). Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Med*, 2(4), 267-278. <https://doi.org/10.2165/00007256-198502040-00004>
- Sjodin, B. & Svedenhag, J. (1985). Applied physiology of marathon running. *Sports Med*, 2(2), 83-99. <https://doi.org/10.2165/00007256-198502020-00002>
- Skattebo, Ø., Hallén, J., Rønnestad, B. R. & Losnegard, T. (2016). Upper body heavy strength training does not affect performance in junior female cross-country skiers. *Scand J Med Sci Sports*, 26(9), 1007-1016. <https://doi.org/10.1111/sms.12517>
- Spencer, M. R. & Gastin, P. B. (2001). Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 33(1), 157-162.
- Stöggl, T., Lindinger, S. & Muller, E. (2007a). Analysis of a simulated sprint competition in classical cross country skiing. *Scand J Med Sci Sports*, 17(4), 362-372. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00589.x>
- Stöggl, T., Lindinger, S. & Muller, E. (2007b). Evaluation of an upper-body strength test for the cross-country skiing sprint. *Med Sci Sports Exerc*, 39(7), 1160-1169. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180537201>
- Stöggl, T. L. & Holmberg, H. C. (2016). Double-Poling Biomechanics of Elite Cross-country Skiers: Flat versus Uphill Terrain. *Med Sci Sports Exerc*, 48(8), 1580-1589. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000943>
- Stöggl, T., Muller, E., Ainegren, M. & Holmberg, H. C. (2011). General strength and kinetics: fundamental to sprinting faster in cross country skiing? *Scand J Med Sci Sports*, 21(6), 791-803. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01078.x>
- Sundström, D., Carlsson, P., Ståhl, F. & Tinnsten, M. (2013). *Numerical optimization of pacing strategy in cross-country skiing*.
- Taylor, M., Gould, D. & Rolo, C. (2008). *Performance strategies of US Olympians in practice and competition*.
- Teo, W., Newton, M. J. & McGuigan, M. R. (2011). Circadian rhythms in exercise performance: implications for hormonal and muscular adaptation. *Journal of sports science & medicine*, 10(4), 600-606.

- Thun, E., Bjorvatn, B., Flo, E., Harris, A. & Pallesen, S. (2015). Sleep, circadian rhythms, and athletic performance. *Sleep Med Rev*, 23, 1-9.
<https://doi.org/10.1016/j.smr.2014.11.003>
- Tonnessen, E., Haugen, T. A., Hem, E., Leirstein, S. & Seiler, S. (2015). Maximal aerobic capacity in the winter-Olympics endurance disciplines: Olympic-medal benchmarks for the time period 1990-2013. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(7), 835-839. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0431>
- Tsoukos, A., Veligeas, P., Brown, L. E., Terzis, G. & Bogdanis, G. C. (2018). Delayed Effects of a Low-Volume, Power-Type Resistance Exercise Session on Explosive Performance. *J Strength Cond Res*, 32(3), 643-650.
<https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001812>
- Vesterinen, V., Mikkola, J., Nummela, A., Hynynen, E. & Hakkinen, K. (2009). Fatigue in a simulated cross-country skiing sprint competition. *J Sports Sci*, 27(10), 1069-1077. <https://doi.org/10.1080/02640410903081860>
- Woolstenhulme, M. T., Bailey, B. K. & Allsen, P. E. (2004). Vertical jump, anaerobic power, and shooting accuracy are not altered 6 hours after strength training in collegiate women basketball players. *J Strength Cond Res*, 18(3), 422-425.
<https://doi.org/10.1519/13463.1>
- Young, W., Jenner, A. & Griffiths, K. (1998). *Acute Enhancement of Power Performance From Heavy Load Squats*.
- Young, W. B. (2006). Transfer of strength and power training to sports performance. *Int J Sports Physiol Perform*, 1(2), 74-83.

Tabelloversikt

Tabell 1: Tidlegare studiar som har undersøkt effekten av morgonøkter på prestasjon og moglege forklaringsmekanismar på prestasjon 2-6 timar seinare.	12
Tabell 2: Tal plasseringar tapt/vunne i høve til topp 3 og topp 30 i sprintprologar dei fem siste internasjonale meisterskapa med 1 og 2 % endring i prestasjon.	23
Tabell 3: Antropometriske karakteristikkar, treningsfrekvens, VO_{2maks} og 1 RM knebøy i smith-maskin til forsøkspersonane. $n = 8$	31
Tabell 4: Forsøkspersonane si erfaring med maksimal styrketrening og treningsstatus siste tre månadar før testing. $n = 8$	32
Tabell 5: Prosedyre for fastsetjing av starthastigheit på TTU.	34
Tabell 6: Resultat pretestar styrke. $n = 8$	34
Tabell 7: Treningsmotstanden på morgonøkta. $n = 8$	40
Tabell 8: Oversikt over hopphøgde, FT:CT ratio og PPO frå CMJ. Alle data er presentert som gjennomsnitt \pm SD ($n=8$).....	47
Tabell 9: Kontakttid, slepptid, syklustid og % kontakttid ved TTU_{START} og TTU_{SLUTT} . Alle data er presentert som gjennomsnitt \pm SD ($n=6$).....	48
Tabell 10: Tider ved 30m-test i staking inkludert splittider frå 0-5m, 5-20m og 20-30m for Kvile og Styrke både før ($30m_{PRE}$) og etter TTU ($30m_{POST}$). Alle data er presentert som gjennomsnitt \pm SD. ($n=8$)	49
Tabell 11: Fysiologiske data frå det submaksimale draget. Alle data er presentert som gjennomsnitt \pm SD ($n=8$).....	49
Tabell 12: Dagsform og subjektiv klarheit for prestasjon (PR) ved morgon, før oppvarming og etter oppvarming ved Kvile og Styrke. Alle data er presentert som gjennomsnitt \pm SD ($n=8$).....	50
Tabell 13: Data frå elektrisk stimulering med 50 Hz av m. vastus medialis for Kvile og Styrke ved oppmøte morgon og før oppvarming på ettermiddagen. Alle data er presentert som gjennomsnitt \pm SD. ($n=8$).....	51
Tabell 14: Samanlikning av testdag I og testdag II. Alle data er presentert som gjennomsnitt \pm SD.	52
Tabell 15: Absolutt reliabilitet uttrykt som prosenten av typical error (variasjonskoeffisient, CV) og smallest worthwhile change (SWC).....	53

Figuroversikt

Figur 1: Restitusjon av vertikal hoppøygde etter tung (100 %) eller moderat (70 %) styrkeøkt. «100 %» bestod av knebøyg (3 x 3 RM), frontbøyg (3 x 3 RM) og kneekstensjon (3 x 6 RM). «70 %» nytta same øvingar, seriar og repetisjonar som 100 % med ein motstand på 70 % av «100 %». Modifisert etter Raastad og Hallén (2000). RM: repetisjonar maksimum.	22
Figur 2: Løypeprofil frå NM-sprinten på Meråker i 2019 for høvesvis kvinner og herrar.....	24
Figur 3: Overordna design.....	33
Figur 4: Handtaket som vart nytta i øvinga sitjande overtrekk.	35
Figur 5: Sitjande overtrekk i kabelapparat.	36
Figur 6: Knebøyg i smith-maskin. Kassene og vektskivene vart nytta for å sikre 90 graders knevinkel i botnposisjon.	37
Figur 7: Oppsett elektrisk stimulering av m. vastus medialis.	39
Figur 8: Hovudtestprotokoll. PR: Opplevd klarheit for prestasjon (1-10), D: Opplevd dagsform (1-10), prog: progressivt, O ₂ : oksygen, RPE: opplevd anstrenging (6-20), TTU: tid til utmatting, kar.: karakteristikkar, vSubmaks: hastigheit ved 5min submaksimalt drag i staking, vTTU: hastigheit ved tid til utmattingstest, HF _{maks} : maksimal hjardefrekvens, VO _{2maks} : maksimalt oksygenopptak.	41
Figur 9: Standardisert startposisjon 30m staking.	43
Figur 10: TTU staking stormølle.....	44
Figur 11: Hoppøygde ved CMJ-test for alle FP ved Kvile og Styrke. Dei stipla linjene viser individuelle hoppøygder, medan den heiltrekte linja viser gjennomsnittleg hoppøygde for alle FP ved Kvile og Styrke.	47
Figur 12: Tid ved TTU staking ved Kvile og Styrke. Dei stipla linjene viser individuelle tider, medan den heiltrekte linja viser gjennomsnittet for alle FP ved Kvile og Styrke.....	48
Figur 13: 20/50 Hz ratio frå morgon og ettermiddag ved Kvile og Styrke. Alle data er presentert som gjennomsnitt ± SD. (n=8). *Signifikant skilnad frå morgon og Kvile...	51
Figur 14: Tid ved TTU staking ved testdag nr 1 og testdag nr 2 for kvar FP. Dei stipla linjene viser individuelle tider, medan den heiltrekte linja viser gjennomsnittet for alle FP ved testdag I og testdag I.....	52
Figur 15: Effekten av morgonøktar beståande av tung styrketrening med lågt volum (1, 2, 3), tung styrketrening til utmatting/med høgt volum (4, 5) og sprint (6, 7, 8, 9). *signifikant endring (p < 0,05). ES er kalkulert for studiane som oppgav absolute	

verdiar med SD. Morgonøktene i de Villarreal et al. (2007) sin studie vart ekskludert grunna manglande absolutte og relative verdiar i høve til kontrollvilkåret..... 60

Forkortingar

30 _{mPRE}	Test av 30 m staking før TTU
30 _{mPOST}	Test av 30 m staking 5 min etter TTU
ATP	Adenosintrifosfat
CMJ	Countermovement jump
CV	Variasjonskoeffisient
CO ₂	Karbondioksid
FP	Forsøksperson (-en, -ar, -ane)
FT:CT	Flight time:contraction time
GE	Gross efficiency (mekanisk effektivitet)
HF _{maks}	Maksimal hjerterefrekvens
Hz	Hertz; SI-eining for frekvens
KI	Konfidensintervall
<i>Kvile</i>	Kvilevilkåret i studien
La ⁻	Laktatkonsentrasjon i blodet
LFT	Lågfrekvenstrøyttleik
Min	Minimum
Maks	Maksimum
N	Newton
O ₂	Oksygen
P	Pause
PAP	Etteraktiveringseffekt (Post activation potentiation)
RFD	Rate of force development
RM	Repetisjon maksimum
RPE	Opplevd angstrenging (6-20)
S	Sekund

<i>Styrke</i>	Styrkevilkåret i studien
SWC	Smallest worthwhile change
TT	Time trial (distanse)
TTU	Tid til utmatting
TTU _{SLUTT}	Siste 10 sekund av TTU
TTU _{START}	Starten av TTU
VO ₂	Oksygenopptaket
VO _{2maks}	Det maksimale oksygenopptaket
VO _{2peak}	Høgaste oksygenopptak målt i staking
vSubmaks	Fart ved submaksimalt drag
vTTU	Fart ved TTU

Vedlegg I



FORESPØRSEL OM DELTAKELSE I FORSKNINGSPROSJEKTET

Effekten av tidlig oppvarming på langrennsprestasjonen

Dette er et spørsmål til deg om deltakelse i et forskningsprosjekt for å undersøke om styrketrening 6 timer før en simulert konkurranse kan bedre langrennsprestasjon på ettermiddagen sammenlignet med hvile. Studien vil ha til hensikt å se på både effekten av formiddagstreningsoktene og hvilke mekanismer/faktorer som eventuelt forklarer endringen i prestasjon.

HVA INNEBÆRER PROSJEKTET?

Studien innebærer at du må være tilgjengelig 5 dager for gjennomføring av tester og tilvenning til tester.

Dag 1 må du være tilgjengelig 3 timer. Under denne økta skal du gjennomføre tilvenning av styrkeøvelser (overkropp og bein), svikthopp på kraftplattform, tilvenning på rulleskimølle samt en test av maksimalt oksygenopptak i løping.

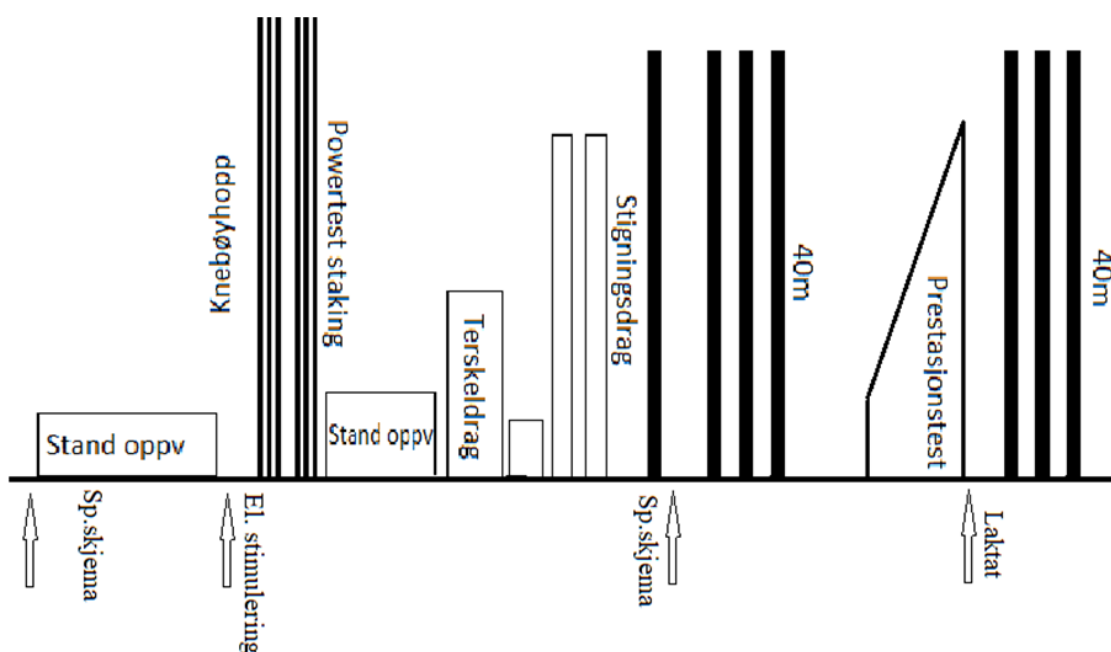
Dag 2 må du være tilgjengelig 60 min. Her skal du videre tilvennes styrkeøvelser, samt svikthopp på kraftplattform.

Dag 3 må du være tilgjengelig 90 min. Her skal du videre tilvennes styrkeøvelser samt teste maksimal styrke i styrkeøvelsene sittende overtrekk og knebøy.

Dag 4-5 må du være tilgjengelig 8 timer per dag. Under disse dagene skal du ved en av dagene gjennomføre styrketrening og en av dagene hvile. Under "hvile" skal du ikke utføre noen fysisk trening. Seks timer etter oppstart av styrketrening eller hvile skal du gjennomføre ulike tester (Figur 1). Disse testene er identiske begge dager. I prosjektet vil vi innhente og registrere opplysninger om deg.

- Ti minutter generell oppvarming, rolig intensitet
- Elektrisk stimulering av knestrekkerer. Dette måles for å undersøke graden av muskeltrøtthet etter formiddagstrening i tillegg til muskulaturens kraftutviklingspotensiale
- Svikhopp på kraftplattform
- Powertest staking i et nedtrekksapparat
- Femten minutter spesifikk oppvarming på rulleski. Lav til høy intensitet.
- Maksimal hurtighet på rulleski staking, 3x40m
- 5min på rulleskimølle, moderat intensitet
- Prestasjonstest mølle, testen foregår med økende hastighet til utmattelse. Testen tar ca 3 min.

Maksimal hurtighet på rulleski staking, 3x40m



Figur 1: Skematisk skisse over protokoll på hovedtestene under dag 4 og 5.

7. MULIGE FORDELER OG ULEMPER

Du får under testing målt en rekke fysiologiske faktorer, blant annet maksimalt oksygenopptak, styrke i overkropp og bein samt hopp høyde. Du vil også få testet nevro-muskulær funksjon og få innsikt i hvordan forskning gjennomføres. I tillegg kan resultatene fra studien gi deg informasjon hvordan du responderer på de ulike oppvarmingsstrategiene med tanke på prestasjon.

Deltakelse i studien vil kreve oppmøte over 5 dager. Det er forbundet en viss risiko for skade ved testing på tredemølle. Ved maksimale tester vil det benyttes sikkerhetssele som forhindrer deg i å falle ned på mølla mens den kjøres og som automatisk vil stoppe båndet. Testing av maksimal hurtighet er forbundet med noe risiko, da fall kan oppstå som kan medføre sårskader. Her vil du benytte hjelm. Elektrisk stimulering vil oppleves ubehagelig, men er ufarlig og kortvarig. Ved oksygenopptaks målinger benyttes

det et munnstykke som kan oppleves noe ubehagelig, samt kan du oppleve å bli tørr i halsen. Munnstykket er desinfisert før bruk. Testene kan oppleves som meget anstrengende.

8. FRIVILLIG DELTAKELSE OG MULIGHET FOR Å TREKKE SITT SAMTYKKE

Det er frivillig å delta i prosjektet. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Samtykket er det lovlige behandlingsgrunnlaget for behandling av personopplysninger. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke. Dette vil ikke få konsekvenser for din videre behandling. Dersom du trekker deg fra prosjektet, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner. Dersom du senere ønsker å trekke deg eller har spørsmål til prosjektet, kan du kontakte Eivind Øygard. Mobil: 47845960. E-post: eivindoygard@hotmail.com, Prosjektleder: Thomas Losnegard på telefon 997 34 184 eller e-post: thomas.losnegard@nih.no

9. HVA SKJER MED INFORMASJONEN OM DEG?

Informasjonen som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Du har rett til innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg og rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene som er registrert.

Informasjonen som blir samlet vil være tilgjengelig for prosjektmedarbeider. Navn, fødselsdato, telefonnummer, e-post, vekt, høyde i tillegg til at maksimalt oksygenopptak vil bli registrert.

Alle opplysningene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjenner opplysninger. En kode knytter deg til dine opplysninger gjennom en navneliste og koblingsnøkkelen mellom navn og kode oppbevares i en låst safe.

Prosjektleder har ansvar for den daglige driften av forskningsprosjektet og at opplysninger om deg blir behandlet på en sikker måte. Informasjon om deg vil bli anonymisert eller slettet senest fem år etter prosjektslutt som er 01.08.2023.

Deltakerne har rett til å få utlevert en kopi av opplysningene som er registrert (dataportabilitet), samt rett til å sende klage til personvernombudet (personvernombudet@nsd.no, +47 55 58 21 17) eller Datatilsynet angående behandlingen av personopplysninger.

10. FORSIKRING

NIH er en statlig institusjon og er dermed selvassurandør. Eventuelle skader på deltakere i forbindelse med prosjektet vil bli dekket av NIH.

11. ØKONOMI

Reisekostnader knyttet til prosjektet vil støttes gjennom forskningsmidler fra Seksjonen for fysisk prestasjonsevne ved Norges Idrettshøgskole.

12. GODKJENNING

Prosjektet er godkjent av Lokal etisk komite ved Norges idrettshøgskole, [62-190618]

Prosjektet er meldt til Personvernombudet for forskning, NSD – Norsk senter for forskningsdata AS.

13. SAMTYKKE TIL DELTAKELSE I PROSJEKTET

14. JEG ER VILLIG TIL Å DELTA I PROSJEKTET

Sted og dato

Deltakers signatur

Deltakers navn med trykte bokstaver

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om prosjektet

Sted og dato

Signatur

Rolle i prosjektet

