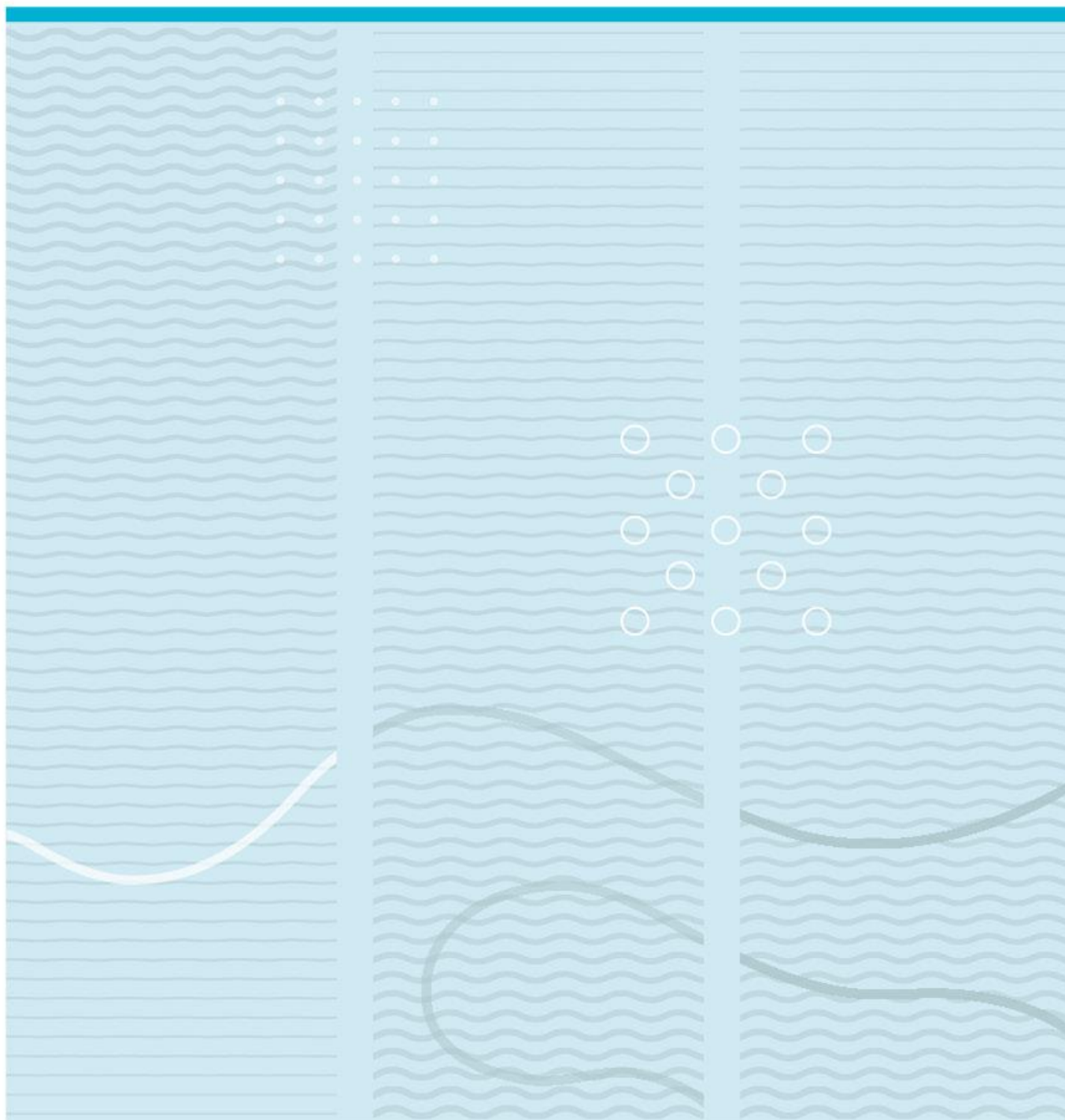


ROSITA JANISIONYTE

STERKERE ER RASKERE?

Betydningen av beinstyrke målt som en repetisjon maksimum og relativ maksimal styrke i knebøy for løpsprestasjon på 100-meter og 800-meter blant moderat trente



Universitetet i Sørøst-Norge
Fakultet for humaniora, idretts- og utdanningsvitenskap (HiU)
Institutt for Kroppsøving, idrett- og friluftslivsfag
Postboks 235
3603 Kongsberg

<http://www.usn.no>

© 2023 ROSITA JANISIONYTE

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

SAMMENDRAG

FORMÅL: Formålet med denne masteroppgaven var å undersøke sammenheng mellom beinstyrke målt i en repetisjon maksimum (1RM), og relativ styrke (1RM/kroppsvekt; RS) i øvelsen knebøy, og løpsprestasjon i distansene 100meter (m) og 800m. Videre ønsket jeg å undersøke hvorvidt løpere med 1RM over gjennomsnittet hadde bedre løpsprestasjon sammenlignet med løpere med 1RM under gjennomsnittet, og hvordan en eventuell endring i maksimal styrke i knebøy påvirket løpsprestasjonen på disse distansene.

METODE: 12 friske deltakere i alder 24.8 ± 5.3 (n=6 kvinner, n=6 menn) deltok i denne studien. Testpersoner ble testet i; 1RM 90° knebøy utført i Smith-maskin, både totalt og relativt til kroppsvekt, 100m og 800m tidsprestasjon i løping, maksimalt oksygen opptak (VO_{2maks}), arbeidsøkonomi i løping (C_r). Maksimal aerob hastighet (MAS) og maksimal anaerob hastighet (MANS) ble regnet ut på grunnlag av disse testresultatene. Alle testene ble gjennomført før og etter en 6 ukers treningsperiode med valgfri trening. Treningen hadde i hovedsak som hensikt å forbedre MAS eller MANS.

RESULTATER: Både 1RM og RS korrelerte med 100m tidsprestasjon (TT) ved pretest (hhv. $r=0.66$, $p<0.05$; og $r=0.73$, $p<0.01$). Verken 1RM eller RS korrelerte med 800TT ved pretest. 800TT korrelerte ved pretest med 100TT, MAS og MANS og med VO_{2maks} alene. Deltakerne som hadde over gjennomsnittlig 1RM var signifikant raskere på 100m enn deltakere under gjennomsnittlig 1RM ved pretest. Det ble funnet korrelasjon mellom endring i både 1RM og RS, og endring i 100TT i prosent ($\Delta\%$), (hhv. $r=0.73$, $p<0.01$ og $r=0.78$, $p<0.01$). Tilsvarende signifikante korrelasjoner ble derimot ikke funnet mellom endringer 1RM eller RS og 800TT.

KONKLUSJON: Denne masteroppgaven bekreftet at maksimal beinstyrke er viktig for sprint prestasjon på 100m distanse hos moderat trente deltakere. Når det gjelder beinstyrkens signifikans for 800m, ble det ikke funnet noen statistisk signifikante korrelasjoner mellom 1RM eller RS i knebøy og 800TT, det ble derimot funnet signifikant korrelasjon mellom 800TT og 100TT og MANS. Med bakgrunn i dette kan maksimal styrketrening anbefales for løpere med hensikt om å utvikle toppfart og dermed øke MANS.

FORORD

Stor takk til mine veiledere Øyvind Støren og Eva Marie Støa og medstudenter på USN som var med på datainnsamlingen til dette prosjektet. Takk til alle 12 deltakere for deres overveldende bidrag og ikke minst ofret tid til dette prosjektet.

<Porsgrunn, høst/vår 2023>

<Rosita Janisionyte>

BEGREPSFORKLARING

ATP – adenosintrifosfat

ASR - anaerobe sprintreserve

C – arbeidsøkonomi

Ca²⁺ – kalsium

C_r – løpsøkonomi

CrP – kreatinfosfat

HR – hjerterefrekvens

HR_{maks} – maksimal hjerterefrekvens

NSD – Norsk Senter for Databehandling

MANS – maksimal anaerob hastighet

MAS – maksimal aerob hastighet

MST – maksimal styrketrening

MTA - muskelfibrenes tverrsnittsareal

O₂ - oksygen

P_{met} – sum av aerob og anaerob energiomsetning

RFD – “rate of force development”

SR - sarkoplasmatiske retikulum

ST – styrketrening

SV – slagvolum

USN – Universitetet i Sør-Øst-Norge

UT – utholdenhetstrening

TP – testperson

V – løpshastighet

VO_{2maks} – maksimalt oksygenopptak

100TT – tidsprestasjon i 100 m løpsdistanse

800TT – tidsprestasjon i 800m løpsdistanse

INNHOLDSFORTEGNELSE

INNLEDNING	5
TEORI	7
HVA BESTEMMER 800TT	7
HVA BESTEMMER 1RM I KNEBØY	13
I HVILKEN GRAD KAN 1RM I KNEBØY BESTEMME 800TT?	15
METODE	17
RESULTATER	22
DISKUSJON	26
100TT	26
800TT	28
PRAKTISKE IMPLIKASJONER	30
KONKLUSJON	31
LITTERATURLISTE	32
VEDLEGG	41

TABELL OG FIGUROVERSIKT

Figur 1. Grafisk fremstilling av kraft – hastighets kurve

Tabell 1. Deltakeres fysiske karakteristika

Tabell 2. Oppvarmingsprotokoll før 1RM test

Figur 2. Sammenheng mellom 1RM og RS og 100TT pretest

Tabell 3. Korrelasjoner pretest resultater

Tabell 4. Sammenligning mellom de med høyest og lavest 1RM eller RS

Tabell 5. Endring pre til post

Tabell 6. Korrelasjoner mellom endring i %

INNLEDNING

Tidsprestasjon (TT) i løping bestemmes hovedsakelig av hvor høy gjennomsnittsfart vi klarer å opprettholde under en gitt distanse (Thompson, 2017). Den gjennomsnittlige løpshastigheten er bestemt av fordelingen av den totale energiomsetningen og energikostnaden. Dette kan uttrykkes som $V = \frac{P_{met}}{C_r}$, der V er løpshastighet, P_{met} er summen av aerob og anaerob energiomsetning og C_r er løpsøkonomien målt som kostnad (Thompson, 2017). P_{met} og dermed fordeling av aerob og anaerob energiomsetning varierer i stor grad med aktivitetens varighet og intensitet (Mebø & Tabata, 1989; Thompson, 2017). Gode prestasjoner i maratondistanse har blant annet blitt korrelert til høyt maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}), og dermed kan det sies å sette store krav til den aerobe energiomsetningen (Saunders et al., 2004). 100 meter (m) sprint blant elite utøvere har en varighet på omtrentlig 10 sekunder (sek), i denne distansen vil det anaerobe energiomsetningsbidraget være dominerende i forhold til det aerobe bidraget. Tidsprestasjon på 100m (100TT) vil i stor grad være avhengig av evnen til å utvikle en høy toppfart (Majumdar & Robergs, 2011). Energiomsetningens fordeling under en 800m distanse er avhengig av varighet. Utøvere som bruker mindre enn ca 120sek vil benytte seg av ca 60% aerob energiomsetning og 40% anaerob energiomsetning og dersom konkurransen varer lenger, mer enn 150sek vil denne fordelingen være ca 70% aerobt og 30% anaerobt (Støren et al., 2021). Gode mannlige mellomdistanseløpere kan ha variasjoner i VO_{2maks} som strekker seg fra ~65 til 85 mL·kg⁻¹·min⁻¹ (Haugen et al., 2021). Dermed kan det tenkes at det er flere fysiske egenskaper, og ikke bare aerob kapasitet som spiller en betydelig rolle for prestasjon i denne distansen. Støren et al., (2021; 2023) fant nemlig at både maksimal aerob hastighet (MAS) og maksimal anaerob hastighet (MANS) var determinanter for prestasjon i 800m, både når det gjelder løping og staking. Dette illustrer godt kompleksiteten rundt denne distansen, da denne distansen stiller store krav til både toppfart (MANS) og aerob utholdenhet målt som eksempelvis MAS.

Både MAS og MANS kan påvirkes ved trening (Thompson, 2017; Støren et al., 2021). Løpere med bedre C_r bruker mindre energi og dermed mindre oksygen (O_2) enn løpere med dårligere C_r under samme hastighet (Saunders et al., 2004), og dette bidrar til at de har en høyere MAS. Løpere med høyere VO_{2maks} har mulighet til å redanne og dermed også bruke mer energi aerobt, hvilket også bidrar til at de har en høyere MAS (Helgerud et al., 2007; Støren et al., 2021). All trening som eventuelt kan forbedre C_r og eller VO_{2maks} vil dermed forbedre MAS og 800m tidsprestasjon (800TT) (Saunders et al., 2004).

En treningsmetode for å forbedre C_r er maksimal styrketrening (MST) (Saunders et al., 2004; Støren et al., 2008). Det finnes også flere gode studier som har undersøkt maksimal styrke i strekkapparatets betydning for sprint prestasjon (Baker & Nance, 1999; Wisløff et al., 2004; Peterson et al., 2006; McBride et al., 2009; Requena et al., 2011; Comfort et al., 2012a; Comfort et al., 2012b; Kirkpatrick & Comfort, 2013; Styles et al., 2015; Boraczynski et al., 2020; Keiner et al., 2022) disse studiene inkluderer derimot stort sett korte sprinter (opp til 40m.). Funn gjort i disse studiene viser stor sammenheng mellom styrke målt i øvelsen knebøy og TT på korte sprinter. Teoretisk sett burde dermed økt 1 repetisjon maksimum (1RM) eller relativ styrke (RS) i knebøy kunne føre til en høyere MANS, og dermed også en bedre 800TT.

Det er imidlertid få studier som har undersøkt beinstyrkens betydning for 100m (Meckel et al., 1995; Bret et al., 2002) og for 800m (Bachero-Mena et al., 2017). Majoriteten av forskningen gjort for å undersøke beinstyrkens betydning for løpsprestasjon har undersøkt individer som er godt trente utøvere, og driver aktivt med enten ballidrett (Baker & Nance, 1999; Wisløff et al., 2004; Peterson et al., 2006; McBride et al., 2009; Comfort et., 2012a; Kirkpatrick & Comfort, 2013; Styles et al., 2015; Boraczynski et al., 2020; Keiner et al., 2022) eller løping (Bret et al., 2002; Requena et al., 2011; Bachero-Mena et al., 2017). Det er derimot få studier som har undersøkt betydningen av 1RM eller RS i knebøy på sprintprestasjon for moderat trente individer (Meckel et al., 1995; Comfort et., 2012b). Jeg ville derfor i denne masteroppgaven undersøke sammenhengen mellom 1RM og RS i knebøy og 100TT og 800TT blant moderat trente. Jeg ønsket også å undersøke hvordan en eventuell endring i 1RM eller RS i knebøy ville kunne påvirke 100TT eller 800TT.

Problemstillingen i denne oppgaven er dermed: *Hva er betydningen av beinstyrke målt i 1RM og RS knebøy for løpsprestasjon på 100-meter og 800-meter blant moderat trente?*

TEORI

HVA BESTEMMER 800TT

Løpsdistanser mellom 800 – 3000m omtales som mellomdistanser og gode mellomdistanseløpere kan som nevnt i innledningen ha store variasjoner i VO_{2maks} (Thompson, 2017; Haugen et al., 2021). Dette viser at utholdenhetsutøvere med lik VO_{2maks} ikke nødvendigvis presterer likt under en konkurranse, og derfor kan ikke VO_{2maks} alene bestemme prestasjonen på 800m (Beattie et al., 2014). Studie til Støren et al., (2021) fant løpere med høyest VO_{2maks} og best tid på 100m sprint til å prestere best på 800m distanse, og dermed konkluderte de med at MAS og MANS predikterer prestasjonen på denne distansen. Støren et al., (2023) undersøkte videre om dette gjaldt andre utholdenhetsaktiviteter og fant at både MAS og MANS korrelerte signifikant med TT i 800m staking også. En dypere forklaring av MAS og MANS og fysiologisk bestemmende faktorer for høy MAS og MANS er dermed nødvendig.

MAS

Løpshastighet er bestemt av både aerob og anaerob energiomsetning og minst mulig energikostnad, som vist i formell for V (Thompson, 2017). MAS er et mål på prestasjonen som foregår under aerobe forhold og kan beskrives som den laveste hastigheten en person kan ligge på for å oppnå VO_{2maks} , og er den høyeste hastigheten vi klarer å holde før oksygenopptaket (VO_2) slutter å stige (Bellenger et al., 2015). Det kan derfor tenkes at jo høyere prosentandel av gjennomsnittlig supramaksimal konkurransehastighet, relativt til VO_{2maks} som løpes på MAS, jo større andel av det totale arbeidet vil foregå med aerob adenosintrifosfat (ATP) energiomsetning. Formell for å regne ut MAS (Støren et al., 2021):

$$MAS = \frac{VO_{2maks}}{C_r}$$

Som vi ser av formelen, kan vi forbedre MAS ved å enten øke VO_{2maks} og-/eller redusere energikostnaden ved å utvikle en lav C_r .

VO_{2maks}

VO_{2maks} er det høyeste volumet O₂ kroppen kan ta opp og forbruke under arbeid (Bassett & Howley, 2000). VO_{2maks} setter en øvre grense for grad av aerob energiomsetning som kan opprettholdes under en aktivitet og kalles ofte for aerob kapasitet (Bosquet et al., 2002). VO_{2maks} måles i liter/minutt (L·min⁻¹), og siden løping er en kroppsvekts bærende aktivitet er kroppsvekstjustering i denne målingen vanlig. VO_{2maks} i løping blir derav oftest målt i mL·kg⁻¹·min⁻¹, eller som mL·kg^{-0.75}·min⁻¹. Dette tallet er også ofte omtalt som kondisjonstall. Det er godt etablert i forskningslitteraturen at VO_{2maks} er en av de viktigste faktorene for god utholdenhetsprestasjon, og blir mer og mer viktig jo lenger aktiviteten varer (Medbø & Tabata, 1989; Helgerud, et al., 2007; Berryman et al., 2018).

Fysiologiske faktorer som bestemmer VO_{2maks} deles ofte i de sentrale og perifere faktorene. De sentrale faktorene handler om – kroppens evne til å tilføre nødvendig O₂ til arbeidende muskulatur, mens de perifere faktorer handler om – musklens evne til å ta opp og forbruke tilført O₂ (Bassett & Howley, 2000). Dette kan videre forklares med Fick's formel (McArdle et al., 2015, s.342):

$$VO_2 = MV \cdot a - vO_2\text{diff}$$

Økt minuttvolum (MV), som er et produkt av slagvolum (SV) og hjertefrekvens (HR) er muligens den viktigste adaptasjonen som utholdenhetstrening (UT) kan gi ved såkalt helkroppsarbeid. Det er foreslått at omtrent 70-85% av begrensende faktorer for høyt VO_{2maks} er knyttet til hjertemuskelens pumpekapasitet og organismens evne til å transportere O₂ ved helkroppsarbeid som eksempelvis løping (Bassett & Howley, 2000; di Prampero, 2003). SV og dermed MV har vist seg å kunne forbedres med trening, vi finner MV-målinger så høye som 40L/min hos de godt utholdenhetstrente (Sandbakk & Holmberg, 2017), mens blant vanlig trente individer er gjennomsnittlig MV på omtrentlig 20-25L/min (Zhou, et al., 2001). Resterende 15-30% begrenses av musklens diffusjonskapasitet og mitokondrielle egenskaper, og det er vist at en eventuell forbedring av disse faktorene med omtrent 10% kan føre til økning i VO_{2maks} på ca 3% (di Prampero, 2003).

Det er lite evidens som tyder på at styrketrening (ST) bør være den primære treningsmetoden for å forbedre VO_{2maks} (Rønnestad & Mujika, 2014). For å skape nødvendige treningsadaptasjoner for økt VO_{2maks} trengs det lengre varighet med høy aerob intensitet enn det vi oppnår under ST eller lavintensiv UT. Helgerud et al., (2007) fant høy intensive aerobe intervaller (90-95% av maksimal hjertefrekvens (HR_{maks})) til å være mer hensiktsmessig for økning i VO_{2maks}, sammenlignet med

moderat (85% av HR_{maks}) eller lav (70% av HR_{maks}) treningsintensitet. Dersom økt VO_{2maks} er primær faktoren vi ønsker å forbedre med trening bør derfor treningsintensitet ikke være lavere enn 55-65% av HR_{maks} , og trening med høy intensitet 85-95% av HR_{maks} ser ut til å være den mest gunstige intensiteten for utvikling av VO_{2maks} (Helgerud et al., 2007).

C_r

C_r er brukt til å uttrykke nødvendig VO_2 for å løpe på en bestemt V (Bassett & Howley, 1999). Høy energikostnad kjennetegner dårlig arbeidsøkonomi (C) (Støren, et al., 2008). C_r estimeres ved å måle VO_2 under en løpsintensitet som representerer 70-90% av VO_{2maks} (Helgerud et al., 2010).

Formell for kostnaden (Alexander, 1984):

$$C_r = \frac{0,5 f E}{\eta}$$

0,5 står for hvor mye energi brukes i bremsefase, f angir stegfrekvens, E angir kinetisk energi i hvert steg, og η angir den nevromuskulære effektiviteten. Som vi ser i denne formelen spiller stegfrekvens, lagring av elastisk energi, samt nevromuskulære forhold en stor rolle for hvor økonomisk vi kan bevege oss (Støren, 2009, doktoravhandling). Evnen til å lagre energi fra bremsekraftene begrenses i stor grad av muskel-sene fjærstivhet. C_r under en gitt hastighet kan variere med omkring 30-40% blant forskjellige individer, og dette kan utgjøre store forskjeller når det kommer til løpsprestasjon (Joyner & Coyle, 2008).

Løping er en sammensatt bevegelse, der underkroppens store muskelgrupper er involverte. I et fotsett settes muskelen i strekk før det skjer en kontraksjon, dette tillater å skape mekanisk energi i de elastiske delene av muskelvevet (Joyner & Coyle, 2008). Metabolske adaptasjoner innad i muskelen som økning i mitokondrielle og oksidative enzymer, muskelens evne til å lagre og frigjøre elastisk energi ved å øke muskel-sene fjærstivhet, og andre mekanismer som fører til mindre energilekkasje er treningsadaptasjoner som potensielt kan føre til bedre C_r (Helgerud et al., 2007). Fjærstivhet handler i stor grad om evnen til å motstå forandring i lengde og fjærstivheten i underkroppen øker i takt med kravene til den aktiviteten som utføres. Løp med lav V stiller moderate krav til muskel-senestystemets fjærstivhet, derimot vil løp med høy V sette større krav til fjærstivhet i underekstremitetens muskel-senesystem (Seyfarth et al., 2002). Høy fjærstivhet er relatert til økt muskelevne til å absorbere, lagre og frigjøre energi hurtig, uten store leddbevegelser (Smirniotou et al., 2008). Muskel-senesystemet kan øke sin fjærstivhet etter en periode med både MST og eksplosiv ST (Rønnestad & Mujika, 2014). Økt muskel-sene fjærstivhet vil stille mindre

krav til ATP produksjon til og med ved lav trenings intensitet, noe som naturligvis vil komme til uttrykk i bedre C_r (Rønnestad & Mujika, 2014).

Type I muskelfibrene ser ut til å ha en større mitokondriell tetthet, enn muskelfibertyper II, og med UT kan den mitokondrielle tettheten økes i begge muskelfibertyper, noe som synes å korrelere med bedre C_r (Joyner & Coyle, 2008). C_r ser ikke ut til å være hastighetsspesifikk for løpsintensiteter mellom 70-90% av VO_{maks} (Helgerud et al., 2010).

C_r kan også som nevnt forbedres med ST som er vist å forbedre 1RM og eksplosiv muskelstyrke, «rate og force development» (RFD) (Aagaard et al., 2002; Støren et al., 2008). RFD viser hvor raskt kraften utvikles i starten av en muskelaksjon og er en viktig faktor for å produsere stor effekt (power) (Aagaard et al., 2002). Det er foreslått at potensielle mekanismer bak disse forbedringene er økt maksimal styrke av muskelfibertype I og utsatt tid til utmattelse før muskelfibertype II rekrutteres (Rønnestad & Mujika, 2014). Andre potensielle faktorer for forbedringer i utholdenhetsprestasjon er høyere andel muskelfibertype IIA og reduksjon i IIX (Rønnestad & Mujika, 2014).

MANS

Anaerob kapasitet kan defineres som maksimal mengde ATP omsatt av det anaerobe energiomsetningssystemet under høyintensivt arbeid (Green & Dawson, 1993). Å måle det anaerobe energiomsetningsbidraget under aktivitet er derimot mye vanskeligere enn godt etablerte metoder for å måle det aerobe energiomsetningsbidraget. En av måtene å måle anaerob energiomsetning på er å se på det gjennomsnittlige akkumulerte oksygenunderskuddet, kjent som MAOD («mean accumulated oxygen deficit») (Medbø et al., 1988). Denne måles oftest over ca 2min arbeid til utmattelse, men metoden er omdiskutert i sin nøyaktighet og praktisk gjennomføring (Støren et al., 2023). En annen metode å måle den anaerobe utholdenhet på er en såkalt «tid til utmattelse» (TTU) test, denne gjennomføres på 120% - 130% av MAS (Støren et al., 2023).

Støren et al., (2021; 2023) fant derimot ingen signifikant sammenheng mellom TTU og prestasjon i 800m løping og verken MAOD eller TTU korrelerte med 800m prestasjon i staking. Dermed kan det stilles spørsmålstejn ved om anaerob utholdenhet kan regnes som en prestasjonsbestemmende variabel. Støren og kollegaer foreslår at TTU er et produkt av personens individuelle anaerobe sprintreserve (ASR), som er differansen mellom MAS og MANS, og at det er MANS som setter potensialet for anaerob kapasitet. Teoretisk sett vil derfor de med høyest MANS og de som klarer å

porsjonere ut dette på grunn av høy ASR kunne holde ut lengst på en gitt supramaksimal intensitet (Støren et al., 2023). MANS kan måles under en 100m sprint og vil fortelle oss om den høyeste V en person kan oppnå under løping, altså toppfarten (Støren et al., 2021). MANS blir imidlertid i denne studien målt som $(100/\text{hundremetertid i sek}) \cdot 60$, altså gjennomsnittsfarten.

100m sprint kan deles inn i 3 faser, der første 40-60m kalles for akselerasjonsfase som handler om å reagere raskt og skape bevegelse rasket mulig. Videre i løpet følger neste fase på 10-30m der løper har nådd og opprettholder denne høye V (toppfarten). Siste fase handler om å unngå for stort fartstap i de siste 10-20m, altså retardasjonsfasen (Thompson, 2017). Dette behovet for å generere høy kraft på kort tid stiller store krav til muskulaturen og dets kontraktile egenskaper, og muskel forkortningshastighet er derav av stor betydning for denne distansen (Thompson, 2017).

Forkortningshastighet av skjelettmuskulaturen bestemmes av en rekke fysiologiske faktorer – ATP-PCr energiomsetningssystem for rask ATP gjenvinning er viktig under de første sekundene og akselerasjonsfasen. Videre er anaerob glykolyse av stor betydning, da ATP skal produseres når distansen fortsetter.

Skjelettmuskelfiberens evne til å frigjøre kalsium (Ca^{2+}) fra sarkoplasmatiske retikulum (SR) er også av stor betydning for 100m distanse. Dette er viktig for dannelse av tverrbroer, og for høy hastighet på tilbakeføringen av Ca^{2+} til SR etter at tverrbroene er dannet og sliding movement er gjennomført. Da kan Ca^{2+} raskt frigjøres på ny (Sand et al., 2014, s.332). Det er fyringsfrekvensen i de motoriske aksonene som bestemmer grad av frigjøring av Ca^{2+} (Sand et al., 2014, s.332). Dermed bestemmes sprintegenskapene både av høy hastighet på energiomsetningen, høy fyringsfrekvens i aktuelle aksoner, men også i stor grad av koordinasjon mellom agonister og antagonister, rytme, fjærstivhet i muskel-sene-apparatet og valg av tekniske løsninger (Bret et al., 2022). Løperen med best total av disse faktorene vil da ende opp med det største produktet av steglengde \cdot stegfrekvens (Bret et al., 2002; Thompson, 2017).

ATP-CRP-SYSTEMET

ATP-CrP-systemet er det anaerobe energiomsetningssystemet som blir først satt i gang under intens aktivitet (Gastin, 2002). Hovedbidraget fra dette systemet under maksimal aktivitet varer i ca 1-2sek ved arbeidets start (Gastin, 2001). 75-85% reduksjon av kreatinfosfat (CrP)-lagrene forekommer i løpet av de første 10sek under maksimale forhold, og minimalt av ATP produksjonen omsatt av ATP-CrP-systemet skjer etter ca 20sek under maksimal ytelse (Gastin, 2001). Det er flere faktorer

som avgjør effekten av ATP-CrP-systemet, nemlig størrelsen på lagrene av ATP-CrP og hvor raskt disse lagrene tømmes (McArdle, et al., 2015, s. 230).

GLYKOLYSE

I starten av maksimal 100m sprint er begge anaerobe energiomsetningssystemene brukt maksimalt, videre i løpet reduseres CrP-lagrene, og på slutten av løpet er det hovedsakelig anaerob glykolyse som er energiomsetningssystemet som bidrar med videre dannelse av ATP (Meckel et al., 1995). Det relative bidraget fra aerob og anaerob energiomsetning er 50/50% etter ca 60sek (Medbø et al., 1988). Melkesyre er biprodukt av glykolysen, og ved maksimal arbeidsintensitet, vil melkesyreproduksjonen i blodet overstige kroppens evne til å kvitte seg med melkesyre etter ca 10sek med maksimal ytelse (Gastin, 2001). Det er fordelaktig å raskt kvitte seg med overskuddet av hydrogenionet (H^+), og denne kapasiteten bestemmes i stor grad av sirkulasjonskapasiteten og bufferkapasiteten (Heisler, 2004).

ANDRE FAKTORER AV BETYDNING FOR HØY MANS

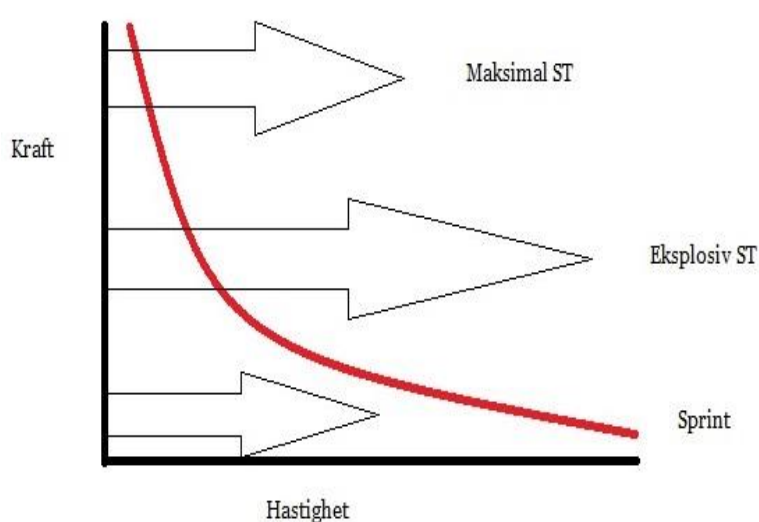
Høy nevralt fyringsfrekvens, koordinasjon mellom agonister og antagonister, rytme, fjærstivhet i muskel-sene-apparatet og valg av tekniske løsninger er som nevnt også avgjørende for hvor høy V en person klarer å oppnå. Spesielt frigjøring og tilbakeføring av Ca^{2+} er knyttet til muskelfibertype, selv om fyringsfrekvensen som styrer dette er trenbart i alle typer muskelfibre (Campos et al., 2002). De utholdende type I muskelfibrene som ofte omtales som de sakte muskelfibrene har størst relativ utbredelse hos de som driver med langdistanseløping, der type I fibre ofte kan utgjøre ~ 70-80%. Denne prosenten er ofte litt lavere blant mellomdistanseløpere (~25-45%), og lavest blant sprint løpere (~25%) (van der Zwaard et al., 2021). De kontraktile egenskapene i muskelfibrene, spesielt maksimal forkortningshastighet bestemmes i stor grad av de ulike typene av isoformer, type I, type IIA og type IIX (Plotkin et al., 2021). Type I muskelfibre er generelt mindre i muskelfibrenes tverrsnittsareal (MTA) sammenlignet med fibertype II (van der Zwaard et al., 2021). Type I muskelfibrene kjennetegnes av bedre utholdenhet, på grunn av et høyere antall mitokondrier, større kapillærtetthet og noe lavere hastighet på ATP omsetning.

Dersom vi skal utvikle kraft hurtig vil derfor type II fibrene være fordelaktig, da disse kjennetegnes av raskere ATP spalting og en raskere frigjøring av Ca^{2+} fra- og raskere tilbakeføring av Ca^{2+} til SR (Cormie et al., 2011). Andel av muskelfibertype IIA ser ut til å øke med 5-11% på bekostning av type IIX etter treningsperiode med ST på 12-14 uker (Folland & Williams, 2007). Muskelfibertype sammensetning i forhold til type I eller type II ser ut til å i stor grad være bestemt av arv, mens

undergruppene av type II, nemlig type IIA og type IIX i stor grad kan påvirkes ved trening (Campos et al., 2002; Dahl, 2008, s.72). Det er vist at type IIA fibre øker ved de fleste tilfeller på bekostning av IIX som følge av trening (Dahl, 2008, s.72).

Evnen til å produsere høy effekt ($N \cdot m \cdot s^{-1}$) er i stor grad avhengig av maksimal muskelstyrke (Thompson, 2017). Maksimal muskelstyrke er avhengig av MTA, evne til å rekruttere motoriske enheter, samt av fyringsfrekvensen for å frigjøre Ca^{2+} og danne tverrbroer mellom aktin og myosin (Maffiuletti et al., 2016). Videre vil en høy RFD og god muskel-sene-stivhet i beina, samt god koordinasjon mellom agonister og antagonister være av stor betydning for god sprinthastighet (Maffiuletti et al., 2016).

Tidligere forskning foreslår maksimal mobilisering for utvikling av toppfart og dermed MANS



(Støren et al., 2021; 2023). Maksimal mobilisering kan for eksempel oppnås ved sprint trening, MST eller eksplosiv ST.

Figur 1. Grafisk fremstilling av kraft – hastighets kurve (Haff & Nimphius, 2012).

HVA BESTEMMER 1RM I KNEBØY

Som allerede nevnt under avsnittet om MANS, har maksimal kraftproduksjon stor betydning for toppfart. Maksimal styrke måles vanligvis i form av 1RM, som viser til antall kg som kan løftes en gang gjennom hele bevegelsesutslaget (ROM – range of motion) (Frontera & Ochala, 2014). RS regnes ut ved å ta belastningen som utøver løfter og dele det på utøverens kroppsvekt, RS er ofte brukt når vi skal vurdere om en utøver er sterk/svak i forhold til sin egen kroppsvekt (Suchomel et al., 2018). Øvelsen knebøy er en av de mest brukte øvelser for å teste beinstyrke og involverer store muskelgrupper i underkroppen. Musklene aktive under en knebøy er blant annet quadriceps femoris, hofteekstensorer, hofteadduktorer og triceps surae, altså mye av de samme musklene som er aktive under løping (Schoenfeld, 2010).

En av de viktigste faktorene for kraftutvikling er muskelens eller muskelgruppens MTA (Frontera & Ochala, 2014; Suchomel et al., 2018). MTA er estimert til å forklare opptil 50% av variasjonen i maksimal kraftproduksjon, og kan sies og utgjøre potensialet for kraftproduksjonen, mens aksonenes fyringsfrekvens og cellas energiomsetning kan sies å bestemme utnyttelsen av dette potensialet (Jones et al., 2008; Schoenfeld et al., 2015). Dermed, dersom vi øker MTA vil vi også øke potensialet for å produsere kraft. Men kraften vi produserer bestemmes altså ikke bare av det potensialet som MTA gir, men også utnyttelsen av dette potensialet.

Motoriske enheter rekrutteres i en hierarkisk rekkefølge i samsvar med Hennemanns størrelsesprinsipp, der forholdsvis små α -motonevroner som aktiverer type I muskelfibrene trer inn ved en liten prosent av 1RM (for eksempel løpe­steg der hastigheten ikke er så høy), mens de større α -motonevroner som aktiverer IIA og IIX muskelfibrene kobles på for eksempel i 1RM i knebøy eller ved et løpssteg i sprint (Henneman et al., 1965; Cormie et al., 2011). Ved økende behov for kraft rekrutteres fler og fler motoriske enheter, opp til ca 60-85% av maksimal styrke, ved ytterligere behov for kraft er det økt fyringsfrekvens i de allerede rekrutterte enhetene som muliggjør dette opp til 1RM (Grgic et al., 2022). Sprintløp er en kompleks sammensetning av hurtige bevegelser med hurtige skifter mellom hva som er agonister og antagonister. Koordinering og synkronisering av agonister, synergister og antagonister blir derfor en viktig egenskap (Cormie et al., 2011). For å utvikle koordinering av muskulaturen bør vi derfor inkludere øvelser som går over flere ledd og involverer store muskelgrupper, som for eksempel knebøy eller markløft for beinmuskulatur (Cormie et al., 2011).

MST kan defineres som ST med maksimal intensitet, få repetisjoner og vektlegger i større grad de nevrale adaptasjonene til styrke økningen, enn trening for hypertrofi (Støren et al., 2008). Effekten av ST avgjøres i stor grad av hva slags stimuli vi klarer å påføre muskulaturen under treningen, derfor er ST intensitet, det totale volumet per muskelgruppe, frekvens, øvelsesutvalget og pauselengde variabler av stor interesse, og noe vi vanligvis manipulerer for å optimalisere treningsadaptasjonene (Young, 2006). MST regnes å være trening mellom 1RM og 5RM, flere repetisjoner på ett sett blir ofte omtalt i forskningen som hypertrofitrening og har muskelvekst som hovedmål (Schoenfeld et al., 2021). Dersom utvikling av maksimal styrke er hovedmålet med ST bør treningsbelastningen være høy, for å sikre optimal nevralt (spesielt de med høyterskel) aktivering (Campos et al., 2002; Hoff et al., 2002; Schoenfeld et al., 2015).

I HVILKEN GRAD KAN 1RM I KNEBØY BESTEMME 800TT?

Dersom vi tar utgangspunkt i at prestasjon i 800m bestemmes hovedsakelig av høy MAS og høy MANS, kan det tenkes at 1RM i knebøy vil ha stor betydning for begge.

1RM OG MANS

Effekt (power) er et produkt av kraft og hastighet og kan uttrykkes som (Cormie et al., 2011):

$$P = \text{kraft} \times \text{hastighet}$$

Dessuten handler løping om å akselerere kroppsmasse i hvert løpssteg, og formelen for akselerasjon følger Newtons andre lov (Stone et al., 2002):

$$A = \frac{\text{kraft}}{\text{masse}}$$

Dermed vil en høy maksimal styrke teoretisk være avgjørende for en høy toppfart eller MANS. Det eksisterer et grunnleggende fundament mellom styrke og effekt, derfor for å utvikle en høy RFD, må en først være relativt sterk (Cormie et al., 2011). Maksimal muskelstyrke kan faktisk bestemme ca 80% av forskjell i frivillig RFD (Suchomel et al., 2016). Dermed vil utøverens nåværende styrkenivå alltid sette en øvre grense for maksimal effekt (power) og dermed toppfart (Cormie et al., 2011). Forbedringer i maksimal kraftutvikling og RFD kan redusere den relative aktivitetsintensiteten, ved at for eksempel et gitt løpssteg da vil utgjøre en lavere prosent av 1RM (Rønnestad & Mujika, 2014). En økt RFD vil redusere tiden som kreves for å oppnå ønsket kraft i hver bevegelsesyklus, og dermed føre til bedre tid for mer blodgjennomstrømning (Rønnestad & Mujika, 2014). Wilson og kollegaer (1997) viste at 8 uker med MST økte prestasjon i spenst og sprint blant svakere utøvere, men ikke blant allerede relativt sterke (RS i knebøy = 1.16 ± 0.20 vs. 1.80 ± 0.26).

1RM OG MAS

Som vist i formel for MAS er hastigheten vi klarer å utvikle under aerobe forhold bestemt av $VO_{2\text{maks}}$ og C_r . Det er vist at MST kan være en gunstig treningsmetode å bedre C_r på, selv blant utøvere som driver med mellom- eller langdistanseløping (Støren et al., 2008; Rønnestad & Mujika, 2014). Dermed kan det tenkes at høy 1RM i knebøy vil føre til at vi løper mer økonomisk.

Løping er en kroppsvekstbærende aktivitet og høy kraftproduksjon i skjelettmuskulaturen bestemmes i stor grad av MTA. Frykt for økt kroppsmasse etter ST kan muligens ha vært en av grunnene til at ST har vært lite prioritert for utvikling av utholdenhets prestasjon tidligere. Det er imidlertid flere studier med varighet på 8-14 uker som har undersøkt effekt av samtidig MST og UT og funnet forbedringer i C_r uten signifikante endringer på kroppssammensetningen (Bell et al., 2000; Millet et al., 2002; Støren et al., 2008). Dette kan muligens forklares med at samtidig UT og ST svekker utviklingen av MTA, styrke og power, sammenlignet med ST alene (Nader, 2006; Aagaard & Andersen, 2010; Wilson et al., 2012; Fyfe et al., 2014;) UT påvirker enten kvaliteten av ST, og/eller svekker den akutte molekyllære responsen aktivert av ST som skal sørge for hypertrofisk effekt av muskulaturen (Fyfe et al., 2014). Det kan se ut som større økninger i MTA kan oppnås dersom ST og UT utføres på forskjellige dager, sammenlignet med trening av begge på samme dag (Fyfe et al., 2014). Derimot, om forbedret løpsprestasjon er hovedmålet med ST ser det ikke ut som at ST har noe negativ effekt på utholdenhetsprestasjonen (Wilson et al., 2012).

METODE

STUDIEDESIGN

Data brukt i denne studien er fra første del av et større pågående forskningsprosjekt på Universitetet i Sør-Øst-Norge (USN). Prosjektet har som formål å utvikle et nyttig treningsverktøy for utøvere og trenere som spesialiserer seg i mellomdistanseløping, sprintlangrenn og sykling. For utfyllende beskrivelse av dette prosjektet se Vedlegg 1. i vedleggslisten. Den konkrete delen av prosjektet som denne masteroppgaven baserer seg på, er et observasjonsstudie som undersøker prestasjonsbestemmende faktorer før- og etter en 6-8 ukers treningsperiode, altså et pre- post design. Det er dog ikke selve treningseffekten som ønskes undersøkt, men hvordan eventuelle endringer i enkelte fysiologiske variabler påvirker andre fysiologiske variabler og prestasjonsvariabler, og TT på 800m løp. Derfor; for å rekruttere flest mulig deltakere, kunne testpersonene (TP) velge mellom treningsopplegg som enten hadde til hensikt å øke MAS eller MANS, eller de kunne fortsette med sitt eget treningsprogram. Gjennomført trening ble loggført og samlet inn.

UTVALG

TP ble rekruttert til frivillig deltakelse gjennom invitasjoner av muntlig og skriftlig karakter gjennom studiested og idrettsklubber. Resultater av totalt 12 TP er brukt i denne masteroppgaven, disse er samlet inn høst 2021 og vår 2022. Grundig informasjon ble gitt til alle TP og samtykke skjema og egenerklæringsskjema om helse ble signert før fysiske tester ble gjennomført. Egenerklæringsskjema om helse hadde til hensikt å avdekke helsetilstanden til deltakere, og ble benyttet under vurdering av inklusjon og eksklusjon (Vedlegg 2). Inklusjonskriterier var fravær av underliggende sykdommer som hindret gjennomføring av testing og myndig alder (minst 18 år), og at de var fysisk i stand til å løpe 100m og 800m med maksimal innsats. Andre spesifikke krav til treningstilstand ble ikke stilt for deltakelse. To av deltakerne konkurrerte aktivt i løping, en spilte håndball på elitenivå, og 9 drev med trening på mosjonsnivå. Individuelle karakteristika og pre-test resultater er fremstilt i Tabell 1. Dette prosjektet er etisk og vitenskapelig godkjent av Norsk Senter for Databehandling (NSD) og forskningsavdelingen ved USN.

Tabell 1. Fysiske karakteristika

TP	Alder (år)	Kjønn	Høyde (cm)	Vekt (kg)	IRM (kg)	RS (IRM/ kroppsvekt)	100m (s)	800m (s)	MANS (km·h ⁻¹)	MAS (km·h ⁻¹)	VO2maks (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	Cr (mL·kg ⁻¹ ·m ⁻¹)
1	22	M	180	94.5	127.5	1.35	14.4	223.1	415.51	200.00	41.6	0.21
2	23	M	175	77.8	150	1.93	12.3	199.9	488.20	225.58	48.5	0.22
3	22	M	178	70.2	120	1.71	12.9	150.0	464.04	312.32	63.4	0.20
4	40	M	184	84.5	140	1.66	12.7	148.8	472.40	268.30	58.8	0.22
5	20	K	171	63.3	90	1.43	14.7	219.0	408.20	186.30	38.8	0.21
6	24	K	160	63.2	110	1.74	16.5	217.9	363.60	205.99	44.7	0.22
7	27	M	193	111.7	210	1.88	13.5	220.8	444.44	226.34	42.1	0.19
8	25	K	167	69.8	80	1.15	18.1	250.4	331.50	173.37	34.5	0.20
9	26	K	164	60.7	60	0.99	19.6	306.5	306.10	161.23	36.6	0.23
10	26	K	170	73.7	90	1.22	18.5	257.0	324.30	186.12	38.9	0.21
11	24	K	176	78.2	145	1.85	14.6	193.4	411.00	215.45	47.4	0.22
12	19	M	189	68.0	90	1.32	13.2	129.7	454.50	345.50	65.3	0.19
Gj.snitt	24.8		175.6	76.3	117.7	1.5	15.1	209.7	406.98	225.54	46.7	0.20
±SD	±5.3		±9.9	±14.7	±40.5	±0.3	±2.5	±50.2	±62.12	±56.25	±10.4	±0.0

TP, testperson. s, sekunder. min, minutter. h, timer. m, meter. kg, kilogram. K, kvinne. M, mann. IRM, 1 repetisjon maksimum i knebøy. RS, relativ styrke i knebøy

(IRM/kroppsvekt). Gj.snitt, gjennomsnitt. SD, standardavvik. 100m, 100 meter løp på tid. 800m, 800 meter løp på tid. MAS, maksimal aerob hastighet (VO_{2maks}/C). MANS, maksimal anaerob hastighet (fra 100TT). $km·h^{-1}$, kilometer per time. VO_{2maks} ($mL·kg^{-1}·min^{-1}$), maksimalt oksygen opptak er oppgitt i milliliter per kilogram kroppsmasse per minutt. C_i ($mL·kg^{-1}·m^{-1}$), løpsøkonomi er oppgitt i milliliter per kilogram kroppsmasse per meter.

TESTPROSEDYRE

Testingen ble gjennomført over minst 3 dager. Dag 1 besto av testing av C_r , VO_{2maks} og 1RM i knebøy til 90° (half-squat). Disse testene ble gjennomført i testlaboratoriet ved USN, avdeling Bø. Dag 2 besto av 100TT og 800TT på friidrettsbane i Bø eller Porsgrunn. Dag 3 besto av TTU ved 130% MAS gjennomført på en utendørs friidrettsbane i Bø. For å teste C_r og VO_{2maks} ble det brukt MetaLyzer II (Biophysic GmbH, Leipzig, Tyskland) O_2 -analysator, denne ble kalibrert før igangsetting og ved behov underveis. O_2 - analysator ble kalibrert med 16% $-O_2$ og 4% $-CO_2$ som standard, og lufstrømssensoren med 3L-volumpumpe. Begge testene ble gjennomført på en tredemølle Woodway PPS 55 sport (Waukesha, WI, USA). HR ble registrert ved bruk av pulsklokke Polar s610 (Kempele, Finland).

C_r - test ble gjennomført som en del av oppvarmingen før VO_{2maks} test og ingen stigning på tredemølle ble brukt. C_r ble sammen med VO_{2maks} brukt til å beregne MAS. C_r ble målt på en stabil hastighet tilsvarende ca 80% av HR_{maks} (Helgerud et al., 2010). Denne intensiteten tilsvarer en VO_2 på mellom 70-90% av VO_{2maks} . C_r ble deretter beregnet som gjennomsnittlig VO_2 ved steady state, delt på løpshastighet i meter per minutt, og uttrykt som $mL \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$. Deltakere fikk en kort aktiv pause etter C_r test, med påfølgende VO_{2maks} test.

VO_{2maks} -test ble gjennomført med en gradvis stigende belastning til frivillig utmattelse. Tredemøllen ble stilt inn på 5% helning (Støren et al., 2008; 2021; Helgerud et al., 2010). Deltakerne startet med en intensitet på omtrent 80% av HR_{maks} , hastigheten ble deretter økt med 0.5km/t hver 30sek til frivillig utmattelse. De to høyeste etterfølgende målingene (til sammen 40sek) av VO_2 ble brukt til å beregne VO_{2maks} . For at testen skulle bli godkjent ble følgende vurdert; $HR > 95\%$ av HR_{maks} , respiratorisk utvekslingsratio (RER) > 1.05 og utflating av VO_2 -kurven, som tilsvarer ikke mer enn 1mL økning i VO_2 av to påfølgende registreringer ved slutten av testen (Støren et al., 2021). Etter gjennomført test fikk deltakerne minst 30min hvile, med påfølgende 1RM test.

1RM-test i knebøy ble gjennomført etter en spesifikk oppvarming. Oppvarmingsprotokollen inneholdt progressiv økning i belastning, med 3min pause mellom hver økning. Belastningen ble økt på bakgrunn av estimert 1RM, se Tabell 2.

Tabell 2. Oppvarmingsprotokoll før 1RM testing

Repetisjoner	% av 1RM
5	60
3	75
2	85
1	90

Protokoll for gjennomførte repetisjoner og belastning under oppvarming.

Testen varte til første ikke godkjente løft. For at testen skulle regnes som godkjent måtte deltakere ha minst 90° vinkel over kneleddet og gjennomføre løftet til full ekstensjon i hoftelddet. Det ble stilt krav om samme forhold under pre- og post – testene, eksempelvis mtp. skotøy. RS ble deretter regnet ut ved å dele antall kg løftet med kroppsvekten til deltaker. Videre testing ble ikke gjennomført før tidligst neste dag og ikke senere enn en uke etter første testdag.

100TT og 800TT-test ble gjennomført etter en standardisert oppvarmingsprotokoll. Oppvarmingen bestod av minst 10min med rolig jogg (70-80% av HR_{maks}), deretter ble det gjennomført 4 – 5 stigningsløp over 100m. 100m ble så testet først. Deretter hadde TP aktiv pause i ca 10min før de gjennomførte 800m testen.

100m testen ble gjennomført enten individuelt eller med andre deltakere. Det ble forsøkt å sette sammen deltakere etter treningsnivå for mulig motivasjons påvirkning. 800m distansen ble testet med minst 2 deltakere sammen, der dette ikke var mulig ble det satt inn en ekstra løper fra test-teamet. Tidene på både 100m og 800m testene ble manuelt målt med stoppeklokke. Vindforholdene ble også tatt med i betraktning, og ingen testing ble gjennomført med vindstyrke over $2m \cdot s^{-1}$. Alle 100m tester ble gjennomført på den langsiden av friidrettsbanen som hadde medvind. Videre testing ble ikke gjennomført før tidligst neste dag og ikke senere enn en uke etter andre testdag.

TTU ved 130% MAS-test ble gjennomført som tid til utmattelse på en hastighet tilsvarende 130% av MAS. Testen ble gjennomført på en utendørs friidrettsbane, der en syklist satte tempoet deltakeren skulle opprettholde. Intensiteten var supramaksimal i forhold til VO_{2maks} , men lav nok til å representere anaerob utholdenhet og ikke MANS (Blondel et al., 2001). Sykkelcomputer (Sigma BC5.16, Neustadt, Tyskland) ble kalibrert opp mot tredemølle for å sikre at riktig hastighet ble vist. Løperen og syklisten akselererte i ca 30m, deretter måtte løperen holde en gitt hastighet til frivillig utmattelse. Deltaker måtte holde 1-2m avstand fra syklisten og dersom avstanden oversteg 2m var testen avsluttet.

STATISTIKK

Datamaterialet ble testet for normalitet for variablene 1RM knebøy, 800TT og 100TT. Samtlige variabler viste seg å være normalfordelte etter gjennomført Shapiro-Wilk og QQ plots analyse på Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). Deskriptive data er derfor presentert som gjennomsnittsverdier \pm standard avvik (SD).

Korrelasjonsanalyser mellom variablene ble gjennomført i SPSS ved bruk av Pearsons bivariate tester. Pearsons korrelasjonstester og lineære regresjon ble brukt i beregninger av r, og p-verdier, samt standardfeil (SEE). Uavhengige sample t tester ble gjennomført for å sammenligne sterkeste og svakeste deltakere både i 1RM og RS knebøy. Signifikansgrensen i dette datamaterialet er satt til $p < 0.05$ i tohalede tester.

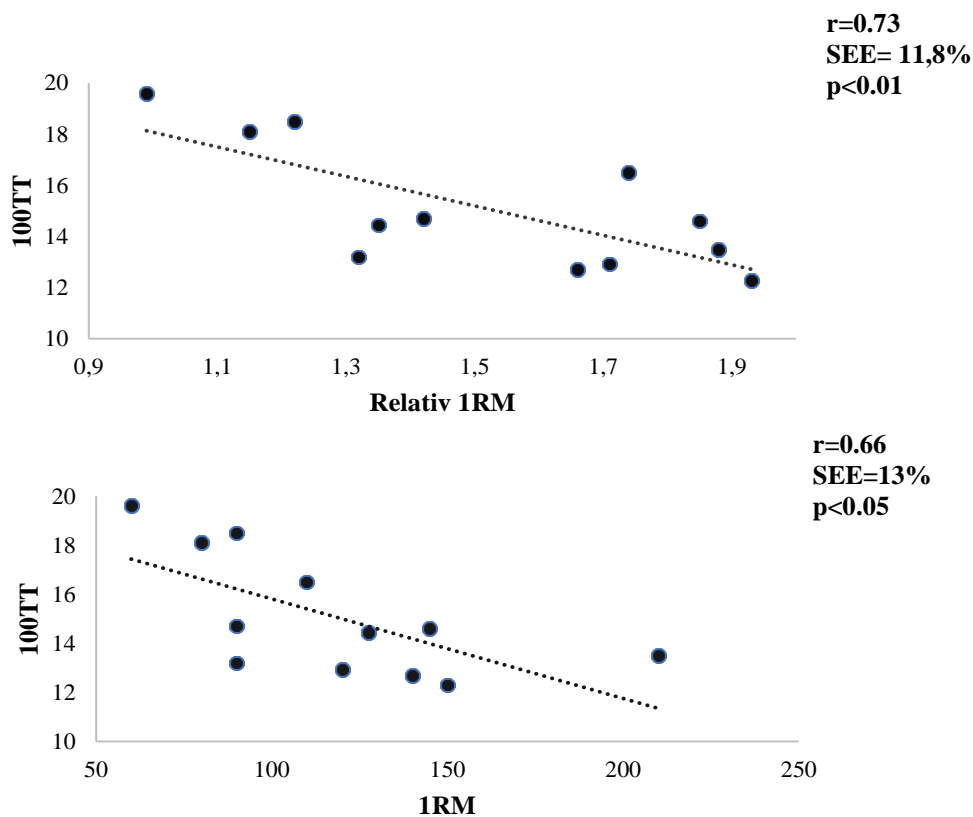
RESULTATER

KORRELASJONER MELLOM 1RM ELLER RS OG UTVALGTE VARIABLER VED PRETEST

Både 1RM og RS korrelerte med 100TT (Figur 2), men det ble ikke funnet noen sammenheng mellom verken 1RM eller RS og 800TT. 100TT korrelerte også med både MAS og MANS og VO_{maks} . Signifikante korrelasjoner var funnet mellom 800TT og 100TT, MANS og MAS og VO_{maks} (Tabell 3).

SAMMENLIGNING MELLOM DE MED HØYEST OG LAVEST 1RM

TP rangert i over eller under gjennomsnittlig 1RM (117.5kg) ved pretest viste at de som løftet under 117.5kg brukte i gjennomsnitt 16.8 ± 2.4 sek, mens de som løftet over 117.5kg brukte 13.4 ± 0.9 sek på 100m, dette er en forskjell på 3.4sek. I og med at gjennomsnittstiden for hele gruppen på 100m var 15.1 ± 2.5 sek, kan hvert sek spart utgjøre en stor forskjell. Når vi uttrykker disse resultatene korrigeret for TP kroppsvekt og uttrykker verdiene i RS i knebøy, ser vi at resultatene er ganske like, men disse ble ikke funnet signifikante. De som var sterkere enn gjennomsnittet i 1RM hadde signifikant ($p < 0.05$) bedre tidsmessig prestasjon på 100TT sammenlignet med de som var svakere, se Tabell 4.



Figur 2. Sammenheng mellom 1RM og RS og 100TT pretest. TT, tids prestasjon. 1RM, 1 repetisjon maksimum i øvelse knebøy, RS, relativ styrke i øvelse knebøy (1RM/kroppsvekt). r, korrelasjonskoeffisient, SEE, standard error av estimat (standardfeil).

Tabell 3. Korrelasjoner pretest resultater

	Korrelasjoner med 100TT (N=12)			Korrelasjoner med 800TT (N=12)		
	r	p	SEE(%)	r	p	SEE(%)
100TT (s)	-	-	-	0.84	0.001**	13.40
IRM (kg)	0.66	0.020*	13.00	0.34	0.277	23.61
RS (IRM/kroppsvekt)	0.73	0.007**	11.80	0.52	0.081	21.40
MANS (km·h⁻¹)	0.99	0.001**	1.99	0.83	0.001**	13.88
MAS (km·h⁻¹)	0.70	0.010*	12.20	0.91	0.001**	10.43
VO_{2maks} (mL·kg⁻¹·min⁻¹)	0.71	0.009**	12.13	0.91	0.001**	9.91
C_r (mL·kg⁻¹·m⁻¹)	0.31	0.327	16.44	0.38	0.217	23.19

Verdier er korrelasjons koeffisienten r, signifikansnivå p, og estimert standard avvik (SEE) i prosent (%), s, sekunder, m, meter, kg, kilogram, TT, tids prestasjon, IRM, 1 repetisjon maksimum i øvelse knebøy, RS, relativ styrke i øvelse knebøy (IRM/kroppsvekt), MAS, maksimal aerob hastighet (VO_{2maks}/C_r), MANS, maksimal anaerob hastighet (fra 100m TT), km·h⁻¹, kilometer per time, VO_{2maks} (mL·kg⁻¹·min⁻¹), maksimalt oksygen opptak er oppgitt i milliliter per kilogram kroppsmasse per minutt, C_r (mL·kg⁻¹·m⁻¹), løpsøkonomi er oppgitt i milliliter per kilogram kroppsmasse per meter.
*p<0.05 signifikant korrelasjon. ** p<0.01 signifikant korrelasjon.

Tabell 4. Sammenligning mellom de med høyest og lavest IRM og RS.

	ALLE (N=12)		1RM>117,5kg (N=6)		1RM<117,5kg (N=6)		RS>1,5 (N=6)		RS<1,5 (N=6)	
100TT (s)	15.08±2.49	13.41±3.89*	16.77±0.99	13.75±0.63	16.42±1.07	188.46±13.06	230.95±23.96	16.42±1.07	230.95±23.96	16.42±1.07
800TT (s)	209.70±50.23	189.33±13.48	230.08±24.03	188.46±13.06	230.95±23.96	242.33±16.48	208.75±87	188.46±13.06	208.75±87	188.46±13.06
MAS (km·h⁻¹)	225.54±56.28	241.33±16.94	209.75±27.82	242.33±16.48	208.75±87	440.61±18.83	373.35±24.67	242.33±16.48	208.75±87	242.33±16.48
MANS (km·h⁻¹)	406.98±62.14	449.26±12.77*	364.70±23.18	440.61±18.83	373.35±24.67	50.81±3.42	42.61±4.64	440.61±18.83	373.35±24.67	440.61±18.83
VO_{2maks} (mL·kg⁻¹·min⁻¹)	46.71±10.44	50.30±3.64	43.13±4.64	50.81±3.42	42.61±4.64			50.81±3.42	42.61±4.64	50.81±3.42

Verdier er oppgitt i gjennomsnitt ± standard avvik, s, sekunder, TT, tids prestasjon, IRM, 1 repetisjon maksimum i øvelse knebøy, RS, relativ styrke i øvelse knebøy (IRM/kroppsvekt), MAS, maksimal aerob hastighet (VO_{2maks}/C_r), MANS, maksimal anaerob hastighet (fra 100TT), km·h⁻¹, kilometer per time, VO_{2maks} (mL·kg⁻¹·min⁻¹), maksimalt oksygen opptak er oppgitt i milliliter per kilogram kroppsmasse per minutt.
*p<0.05 signifikansnivå.

Når det gjelder 800m med gjennomsnittstid på 209.7 ± 50.2 sek for hele gruppen, ser vi at de som hadde 1RM over 117.5kg i knebøy brukte i gjennomsnitt 189.33 ± 13.5 sek sammenlignet med de som løftet mindre enn 117.5kg i knebøy med gjennomsnittsverdi på 230.1 ± 24.0 sek. Dette er en differanse på 40.8sek. Når vi korrigerer data for kroppsvekt og uttrykker resultater i RS, ser vi at resultatene er ganske like med 42.4sek i differanse mellom gruppene. Til tross for stor differanse i tid på 800m mellom de to gruppene, ble det ikke funnet noen signifikante forskjeller.

ENDRINGER FRA PRE- TIL POSTTEST

Deltakerne forbedret i gjennomsnitt 800TT med 8.6% ($p < 0.01$), 1RM med 7.6% ($p < 0.05$), og RS med 6.7% ($p < 0.01$) (Tabell 5). Det ble ikke funnet noen endring i 100TT.

Tabell 5. Endring pre til post

Variabel	PRE (N=12)	POST (N=12)
Alder (år)	24.8 ± 5.3	
Høyde (cm)	175.6 ± 9.9	
Kroppsvekt (kg)	76.3 ± 14.8	75.92 ± 14.6
1RM (kg)	117.7 ± 40.5	$126.7 \pm 40.9^*$
Relativ styrke (1RM/kroppsvekt)	1.5 ± 0.3	$1.6 \pm 0.3^{**}$
100TT (s)	15.1 ± 2.5	14.9 ± 2.7
800TT (s)	209.7 ± 50.2	$191.6 \pm 37.1^{**}$
VO _{2maks} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	46.7 ± 10.4	47.8 ± 10.2
C _r (mL·kg ⁻¹ ·m ⁻¹)	0.20 ± 0.0	0.20 ± 0.0
MAS (km·h ⁻¹)	225.5 ± 56.3	231.0 ± 50.1
MANS (km·h ⁻¹)	406.9 ± 62.1	407.6 ± 61.9

Resultater er oppgitt i gjennomsnittsverdier \pm standard avvik. s, sekunder. m, meter. cm, centimeter. kg, kilogram. TT, tids prestasjon. 1RM, 1 repetisjon maksimum i øvelse knebøy, RS, relativ styrke i øvelse knebøy (1RM/kroppsvekt). MAS, maksimal aerob hastighet (VO_{2maks}/C_r). MANS, maksimal anaerob hastighet (fra 100TT). km·h⁻¹, kilometer per time. VO_{2maks} (mL·kg⁻¹·min⁻¹), maksimalt oksygen opptak er oppgitt i milliliter per kilogram kroppsmasse per minutt. C_r (mL·kg⁻¹·m⁻¹), løpsøkonomi er oppgitt i milliliter per kilogram kroppsmasse per meter.

*Indikerer signifikant endring $p < 0.05$; **Indikerer signifikant endring $p < 0.01$.

KORRELASJONER MELLOM ENDRINGER

Etter gjennomført treningsperiode korrelerte % endring 100TT signifikant med % endring 1RM og % endring RS i knebøy og % endring MANS. Dessuten korrelerte % endring 800TT med % endring MAS og % endring VO_{2maks} (Tabell 6).

Tabell 6. Korrelasjoner mellom % endring

	Korrelasjoner med 100TT (N=12)			Korrelasjoner med 800TT (N=12)		
	r	p	SEE(%)	r	p	SEE(%)
100TT (s)	-	-	-	0.35	0.265	3.23
1RM (kg)	0.73	0.007**	8.88	0.01	0.975	3.45
RS (1RM/kroppsvekt)	0.78	0.003**	8.16	0.13	0.672	3.41
MANS (km·h⁻¹)	0.81	0.001**	7.49	0.24	0.448	3.34
MAS (km·h⁻¹)	0.56	0.054	10.74	0.74	0.006**	2.31
VO_{2maks} (mL·kg⁻¹·min⁻¹)	0.53	0.075	11.07	0.63	0.027*	2.67
C_r (mL·kg⁻¹·m⁻¹)	0.07	0.983	13.06	0.02	0.951	3.45

Verdier er korrelasjons koeffisienten r, signifikansnivå p, og estimert standard avvik (SEE) i prosent (%).

s, sekunder. m, meter. kg, kilogram. TT, tids prestasjon. 1RM, 1 repetisjon maksimum i øvelse knebøy, RS, relativ styrke i øvelse knebøy (1RM/kroppsvekt). MAS, maksimal aerob hastighet (VO_{2maks}/C_r). MANS, maksimal anaerob hastighet (fra 100TT). km·h⁻¹, kilometer per time. VO_{2maks} (mL·kg⁻¹·min⁻¹), maksimalt oksygen opptak er oppgitt i milliliter per kilogram kroppsmasse per minutt. C_r (mL·kg⁻¹·m⁻¹), løpsøkonomi er oppgitt i milliliter per kilogram kroppsmasse per meter.

*p<0.05 signifikant korrelasjon. ** p<0.01 signifikant korrelasjon.

DISKUSJON

Hovedfunnene i denne masteroppgaven var den signifikante sammenhengen mellom maksimal styrke i knebøy og 100TT ved pretest og den signifikante sammenhengen mellom % endring i styrkevariablene og % endring i 100TT.

100TT

1RM og RS korrelerte begge signifikant med 100TT ved pretest. Disse funnene er i samsvar med funn av Meckel et al. (1995) som undersøkte RS i knebøy og 100TT blant kvinnelige sprintere og konkluderte med at 100TT først og fremst er avhengig av utøvernes evne til kraftproduksjon. Lignende funn ble gjort i studien til Bret et al. (2002) som så på 1RM i knebøy og 100m prestasjon blant mannlige sprintere. Bret et al. (2002) understrekte også viktigheten av maksimal kraftproduksjon for akselerasjon, for utvikling av toppfart og for opprettholdelse av toppfarten. Også for sprinter kortere enn 100m (<40m) har det tidligere blitt funnet god korrelasjon opp mot 1RM knebøy (Wisløff et al., 2004; Petterson et al., 2006; Requena et al., 2011; Comfort., 2012a) og RS knebøy (Baker & Nance, 1999; Petterson et al., 2006; McBride et al., 2009; Requena et al., 2011; Comfort et al., 2012a; Comfort et al., 2012b; Kirkpatrick & Comfort, 2013; Styles et al., 2015; Boraczynski et al., 2020; Keiner et al., 2022). Noen studier har funnet signifikant korrelasjon mellom RS i knebøy og prestasjon i kort sprint, men ikke 1RM i knebøy uttrykt i absolutt verdi og sprintprestasjon (Baker & Nance, 1999; Kirkpatrick & Comfort, 2013). I likhet med denne masteroppgaven fant derimot Petterson og kollegaer (2006) signifikante korrelasjoner mellom både 1RM og RS i knebøy og sprinttid, og i likhet med foreliggende masteroppgave viste RS til å korrelere sterkere med sprintprestasjonen. Dette illustrerer godt hvorfor det kan være hensiktsmessig å vurdere beinstyrkens betydning for sprintprestasjonen relativt til kroppsvekt.

Videre i denne masteroppgaven ble det undersøkt hvorvidt deltakere med over gjennomsnittlig høy 1RM eller RS løp signifikant raskere sammenlignet med de under gjennomsnittlig 1RM eller RS. Deltakerne som var over gjennomsnittlig sterke i denne masteroppgaven (1RM>117.5kg) løp 100m signifikant raskere enn deltakere med 1RM under gjennomsnittet, og forskjellen utgjorde 3.36sek. Ingen signifikante forskjeller ble derimot funnet når vi korrigerer for deltakeres kroppsvekt og så på RS. Det siste kan muligens delvis være en konsekvens av kjønnsforskjeller, siden menn i gjennomsnitt er tyngre, sterkere, og raskere enn kvinner. Materialet i den foreliggende masteroppgaven er imidlertid for lite til at det kunne gjøres kjønnsespesifikke tester samtidig som man delte inn i grupper basert på 1RM eller RS. Det at de med høyest 1RM i den foreliggende

oppgaven var raskest på 100TT, er i samsvar med Meckel et al. (1995), der kvinnelige sprintere ble delt inn i tre grupper basert på hvor raskt de løp 100m. Jo raskere de var, jo sterkere var de også.

Denne masteroppgaven så også på hvordan en eventuell endring i maksimal styrke påvirket sprintprestasjonen på 100m. Endring i både 1RM og RS korrelerte signifikant med endring i 100TT, uttrykt i %. Comfort et al. (2012b) så på hvordan endring i maksimal styrke i knebøy overføres til endring i sprint prestasjon på distansene 5m, 10m og 20m. Økning i 1RM førte til signifikant kortere sprint tid i alle undersøkte distanser. I den foreliggende masteroppgaven var treningsperiodens innhold valgfritt; man kunne fokusere på trening for å øke MANS (n=4), trening for å øke MAS (n=3), eller gjennomføre selvvalgt trening (n=5). Av alle deltakere som var med i denne masteroppgaven var det totalt n=6 som valgte å inkludere ekstra MST i treningen sin, det er dermed sannsynlig at hvis alle deltakere hadde hatt et hovedfokus på å øke 1RM i knebøy så ville den gjennomsnittlige forbedringen i 1RM vært større. Det siste ble eksempelvis gjennomført i studien til Chelly et al. (2009), som fant at en gruppe junior fotballspillere som trente knebøy i 2 måneder i tillegg til fotballtrening, fikk signifikant høyere 1RM knebøy og sprint tid enn en tilsvarende gruppe som bare spilte fotball.

En av årsakene til at forbedring i maksimal styrke viser sammenheng med forbedring på 100TT kan være den klare relasjonen som er vist mellom styrke og power (effekt), og som tilsier at en høy effekt er vanskelig å oppnå uten å være relativt sterk først (Cormie et al., 2011).

Muskelkraftproduksjon under maksimale frivillige muskelkontraksjoner som ved maksimal sprint, 1RM løft under knebøy eller maksimalt hopp med eller uten ekstern belastning kjennetegnes av høy evne til maksimal nevromuskulær mobilisering (Hoff et al., 2002; Requena et al., 2011). I hvilken grad denne mobiliseringen fører til høy RFD og høy power, avhenger videre av både morfologiske og mekaniske egenskaper til muskel-sene-enheten og omfatter blant annet totalt tilgjengelige motorenheter som kan rekrutteres under en muskelkontraksjon, type motorenheter som rekrutteres og MTA til muskulaturen som kontraheres (Requena et al., 2011). Dette tilsier at det i stor grad er slik at hvis man trener opp egenskapene som medfører høyere 1RM, trener man samtidig opp de samme egenskapene som fører til bedre 100TT. En effektiv måte å trene nettopp disse egenskapene på, har vist seg å være MST (Kubo et al., 2001; Aagaard et al., 2002; Hoff et al., 2002). Noen studier har imidlertid funnet at eksplosiv ST har gitt bedre eller tilsvarende effekt på RFD og power som MST (Wilson et al., 1993; Van Custer et al., 1998).

Deltakerne i denne masteroppgaven hadde veldig forskjellige utgangspunkt i knebøy styrke. I gjennomsnitt lå RS på 1.5 ± 0.3 , men det ble funnet store individuelle forskjeller i gruppen, der den laveste verdien målt var $RS=0.9$ og den høyeste var $RS=1.9$. Muligens vil de som allerede er relativt sterke ha godt av mer spesifikk trening, som for eksempel eksplosiv trening, plyometrisk trening og sprinttrening, mens svakere individer kanskje bør prioritere å bli sterkere først og fokusere på MST.

800TT

Det ble ikke funnet en signifikant sammenheng mellom verken 1RM eller RS og 800TT i utvalget i denne masteroppgaven. Det ble heller ikke funnet noen signifikant sammenheng mellom endring i 1RM eller RS og endring i 800TT. Dette er delvis i motsetning til funn gjort av Bachero-Mena et al. (2017) som fant at eksplosiv styrke målt som hopp med vektbelastning korrelerte signifikant med prestasjon i 800m. En mulig årsak til forskjeller i funn mellom resultater fra Bachero-Mena et al. (2017) og resultater i denne masteroppgaven kan være forskjellen i trenings- og prestasjonsnivå mellom studiene. Deltakere i den foreliggende masteroppgaven brukte nær dobbelt så lang tid i gjennomsnitt på 800m som deltakerne i Bachero-Mena et al. (2017). Målemetoden brukt til å måle beinstyrken var også forskjellig mellom studiene, og det er mulig at den eksplosive varianten med hopp i Bachero-Mena et al. (2017), er enda mer relatert til løpsprestasjon enn 1RM og RS målt i den foreliggende masteroppgaven.

Det finnes studier som finner sterk korrelasjon mellom 100-200m tid og 800m tid (Bachero-Mena et al., 2017; Støren et al., 2021). Samme funn ble gjort i denne masteroppgaven, 100TT og 800TT viste en sterk korrelasjon. Dette tydeliggjør betydningen av MANS for løpsdistanse på 800m. Av den grunn, selv om det ble ikke funnet en direkte kobling mellom styrkevariablene og 800TT, kan det tenkes at det finnes en indirekte relasjon mellom beinstyrke og 800m, i og med at det ble funnet en sterk korrelasjon mellom beinstyrke og 100m distanse. Derav kan vi potensielt ved å øke beinstyrke, få høyere MANS og tenkelig også forbedre 800TT.

I denne masteroppgaven ble MAS funnet å korrelere signifikant med 800TT både ved pretest, og i endringer fra pre- til posttest. De som forbedret MAS mest, fikk størst forbedring i 800TT. Det første er i samsvar med funn gjort i studien til Støren et al. (2021). MAS er et produkt av VO_{2maks} og C_r . Sammenlignet med UT ser ST ut til å være en lite effektiv treningsform for økning av VO_{2maks} , grunnet for lite stimulus påført på det kardiovaskulære systemet (Hurley et al., 1984; Marcinik et al., 1990). Kombinert samtidig ST og UT ser derimot ikke ut til å føre til redusert VO_{2maks} (Johnston

et al., 1997; Millet et al., 2002; Støren et al., 2008) eller kapillærtetthet (Bell et al., 2000; Aagaard et al., 2011). Siden løping er en kroppsbærende aktivitet, kan eventuell økning i kroppsmasse føre til redusert prestasjon i løping (Rønnestad & Mujika, 2014; Fletcher & MacIntosh, 2017). ST med høyere volum utført nærme eller til muskulær utmattelse har tidligere vist stor hypertrofisk effekt (Fry, 2004; Schoenfeld et al., 2016), hypertrofisk effekt har også blitt funnet etter en periode med MST (Schoenfeld et al., 2014). Derimot ser kombinasjonen av samtidig UT og MST til å minske eller stoppe hypertrofien påført av ST samtidig som musklenes evne til kraftproduksjonen øker (Bell et al., 2000; Millet et al., 2002; Støren et al., 2008), nevromuskulære adaptasjoner er muligens forklaringen på dette (Aagaard, 2003). Det ble i samsvar med dette heller ikke funnet noen signifikant økning i kroppsvekt etter treningsperioden i den foreliggende masteroppgaven.

Flere studier finner positive effekter av samtidig UT og ST, sammenlignet med UT alene, grunnet at ST synes å ha bedret C i utholdenhetsaktiviteten (Johnston et al., 1997; Hoff et al., 1999; Hoff et al., 2002; Millet et al., 2002; Østerås et al., 2002; Støren et al., 2008; Taipale et al., 2009; Aagaard et al., 2011; Rønnestad et al., 2011; Piacentini et al., 2013). Økt muskelstyrke som resultat av MST kan skyldes både hypertrofi og de nevraltreningstilpasningene, men ingen signifikante vektendringer ble funnet i disse tidligere studiene (Johnston et al., 1997; Hoff et al., 1999; Hoff et al., 2002; Millet et al., 2002; Østerås et al., 2002; Støren et al., 2008; Aagaard et al., 2011; Rønnestad et al., 2011; Piacentini et al., 2013), og dermed kan det tenkes at hovedforklaringen til økt kraftproduksjon i disse studiene og foreliggende masteroppgave skyldes de nevraltreningstilpasningene til MST. MST har tidligere også vist å forbedre muskel-sene fjærstivhet, og kan tenkes å være en av årsakene til bedre C_r (Kubo et al., 2001). Fjærstivhet ble imidlertid ikke undersøkt i det foreliggende studiet. Videre har det tidligere blitt funnet korrelasjoner mellom RFD og C_r, der kortere kontraksjonstid på grunn av bedret RFD kan tenkes å ha økt tilgangen til O₂ og tillat lenger transittid, og dermed raskere fjærning av muskeltrettende metabolitter (Aagaard & Andersen, 2010). Derav kan det tenkes at det ikke nødvendigvis handler om å bli sterkest mulig, men å utsettes for stimulus som MST påfører på både det nevraltreningssystemet og muskel-seneapparatet.

PRAKTISKE IMPLIKASJONER

På grunn av de viste sammenhengene i det foreliggende studiet både ved pre-test og i forbedring fra pre til posttest mellom 1RM eller RS og 100TT, og sammenhengen mellom 100TT og 800TT, kan MST anbefales i tillegg til aerob UT for å forbedre MANS, og dermed indirekte 800TT. Dessuten, basert på tidligere studier, synes MST å ha et potensiale for å forbedre C_r (Støren et al., 2008; Rønnestad & Mujika, 2014), og dermed forbedre MAS – og indirekte forbedre 800TT.

Øvelsesutvalget i MST bør inkludere frivekter og øvelser som stiller krav til kroppens største muskelgrupper, for eksempel markløft, knebøy eller utfall varianter (Young et al., 2001; Stone et al., 2006; Blagrove et al., 2018; Suchomel et al., 2018). Treningsbelastningen som bør benyttes bør tilsvare 1-6RM, som er omtrent 85-100% av 1RM (Androulakis – Korakakis et al., 2019). Pausene mellom hver sett bør være 2-3min lange, uansett nåværende treningsform (Millet et al., 2002; Støren et al., 2008; Piacentini et al., 2013; Rønnestad & Mujika, 2014). Det kan også tenkes at løpere med i utgangspunkt lav 1RM eller RS bør i stor grad prioritere MST (Suchomel et al., 2018).

Siden mange av de tidligere publiserte studier på MST relatert til løping har benyttet 2-beins 90° knebøy med overvekt av forskning på menn, kan det tenkes at framtidig forskning bør involvere flere kvinner, flere sterke individer (RS lik 2 eller over), flere hamstringsdominerte øvelser som markløft, flere ett-beins øvelser som utfall og gjerne flere langvarige studier med en varighet som er lenger enn 12 uker.

KONKLUSJON

Denne masteroppgaven bekrefter at maksimal beinstyrke er viktig for sprintprestasjon på 100m hos moderat trente deltakere. Når det gjelder beinstyrkens betydning for 800m, ble det ikke funnet noen direkte statistisk signifikante sammenhenger mellom 1RM og RS i knebøy og 800TT. Det ble imidlertid funnet signifikant korrelasjon mellom 800TT og 100TT. Med bakgrunn i dette kan MST anbefales for løpere med hensikt om å øke MANS og dermed sannsynligvis på sikt forbedre 800TT.

LITTERATURLISTE

- Aagaard, P. (2003). Training-induced changes in neural function. *Exercise and Sports Sciences Reviews*, 31(2), 61-67. <https://doi.org/10.1097/00003677-200304000-00002>
- Aagaard, P. & Andersen, J. L. (2010). Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(2), 39-47. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01197.x>
- Aagaard P., Andersen, J. L., Bennekou, M., Larrson, B., Olesen, J. L., Crameri, R., Magnusson, p. & Kjær, M. (2011). Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(6), 298-307. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01283.x>
- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P. & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *European Journal of Applied Physiology*, 93, 1318-1326. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00283.2002>
- Alexander, R. M. (1984). Elastic energy stores in running vertebrates. *American Zoologist*, 24(1), 85-94. <https://doi.org/10.1093/icb/24.1.85>
- Androulakis – Korakakis, P., Fisher, J. P. & Steele, J. (2019). The minimum effective training dose required to increase 1RM strength in resistance-trained men: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 50, 751-765. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01236-0>
- Bachero-Mena, B., Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Mora-Custodio, R. & González-Badillo, J. J. (2017). Relationships between sprint, jumping and strength abilities, and 800 M performance in male athletes of national and international levels. *Journal of Human Kinetics*, 58, 187–195. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0076>
- Baker, D. & Nance, S. (1999). The relation between running speed and measures of strength and power in professional rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(3), 230-235.
- Bassett, D. R. JR. & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 70-84. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>
- Beattie, K., Kenny, I. C., Lyons, M. & Carson, B. P. (2014). The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Medicine*, 44, 845-865. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0157-y>

- Bell, G. J., Syrotuik, D., Martin, T. P., Burnham, R. & Quinney, H. A. (2000). Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 418-427.
<https://doi.org/10.1007/s004210050063>
- Bellenger, C., Fuller, J., Nelson, M., Hartland, M., Buckley, J., & DeBenedictis, T. (2015). Predicting maximal aerobic speed through set distance time-trials. *European Journal of Applied Physiology*, 115(12), 2593-2598. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3233-6>
- Berryman, N., Mujika, I., Arvisais, D., Roubex, M., Binet, C. & Bosquet, L. (2018). Strength training for middle- and long-distance performance: a meta-analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13, 57-63. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0031>
- Blagrove, R., Howatson, G. & Hayes, P. R. (2018). Effects of strength training on the physiological determinants of middle- and long-distance running performance: a systematic review. *Sports Medicine*, 48, 1117-1149. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0835-7>
- Blondel, N., Berthoin, S., Billat, V. & Lensele, G. (2001). Relationship between run times to exhaustion at 90, 100, 120, and 140% of vVO_{2max} and velocity expressed relatively to critical velocity and maximal velocity. *International Journal of Sports Medicine*, 22(1), 27-33. <https://doi.org/10.1055/s-2001-11357>
- Boraczynski, M., Boraczynski, T., Podstawski, R., Wojcik, Z. & Gronek, P. (2020). Relationships between measures of functional and isometric lower body strength, aerobic capacity, anaerobic power, sprint and countermovement jump performance in professional soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 75, 161-175. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0045>
- Bosquet, L., Léger, L., & Legros, P. (2002). Methods to Determine Aerobic Endurance. *Sports Medicine*, 32(11), 675–700. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232110-00002>
- Bret, C., Rahmani, A., Dufour, A. B., Messonnier, L. & Lacour, J. R. (2002). Leg strength and stiffness as ability factors in 100m sprint running. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(3), 274-81.
- Campos, G. E. R., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., Ragg, K. E., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J. & Staron, R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimes: specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 88(1-2), 50-60.
<https://doi.org/10.1007/s00421-002-0681-6>

- Chelly, M. S., Fathloun, M. Cherif, N., Amar, M. B., Tabka, Z. & Praagh, E. V. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2241-2249.
<https://doi.org.10.1519/JSC.0b013e3181b86c40>
- Comfort, P., Bullock, N. & Pearson, S. J. (2012b). A comparison of maximal squat strength and 5-, 10-, and 20-meter sprint times, in athletes and recreationally trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 937-940.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822e5889>
- Comfort, P., Haigh, A. & Matthews, M. J. (2012a). Are changes in maximal squat strength during preseason training reflected in changes in sprint performance in rugby league players? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 772-776.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822a5cbf>
- Cormie, P., McGuigan, M. R. & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power. Part 1 – Biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17–38.
<https://doi.org/0112-1642/11/0001-0017/>
- Dahl, H. A. (2008). *Mest om muskel. Essensiell muskelbiologi* (4utg.). Capellen akademisk forlag.
- di Prampero, P. E. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *European Journal of Applied. Physiology*, 90(3-4), 420-429. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0926-z>
- Fletcher, J. R. & MacIntosh, B. R. (2017). Running economy from a muscle energetics perspective. *Frontiers in Physiology*, 8(433). <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00433>
- Folland, J. P. & Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training. Morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine*, 37(2), 145-168.
<https://doi.org/0112-1642/07/0002-0145/>
- Frontera, W. R. & Ochala, J. (2014). Skeletal Muscle: A brief review of structure and function. *Calcifield Tissue International*, 96, 183-195. <https://doi.org/10.1007/s00223-014-9915-y>
- Fry, A. C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Medicine*, 34(10), 663-679. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434100-00004>.
- Fyfe, J. J., Bishop, D. J. & Stepto, N. K. (2014). Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training. *Sports Medicine*, 44, 743-762. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0162-1>
- Gastin, P. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine*, 31(10), 725-741. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131100-00003>

- Green, S. & Dawson, B. (1993). Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems. *Sports Medicine*, 15(5), 312-327.
<https://doi.org/10.2165/00007256-19931505-00003>
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Orazem, J. & Sabol, F. (2002). Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*, 11, 202-211.
<https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.01.007>
- Haff, G. G. & Nimphius, S. (2012). Training principles for power. *National Strength and Conditioning Association* 34(6). <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31e31826db467>
- Haugen, T., Sandbakk, Ø., Enoksen, E., Seiler, S. & Tønnessen, E. (2021). Crossing the golden training divide: the science and practice of training world-class 800- and 1500-m runners. *Sports Medicine*, 51, 1835–1854. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01481-2>
- Heisler, N. (2004). Buffering and H⁺-ion dynamics in muscle tissues. *Respiratory Physiology and Neurobiology*, 144(2-3), 161-172. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2004.06.019>
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R., & Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 39(4), 665-671. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570>
- Helgerud, J., Støren, Ø., & Hoff, J. (2010). Are there differences in running economy at different velocities for well-trained distance runners? *European Journal of Applied Physiology*, 108(6), 1099-1105. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1218-z>
- Henneman, E., Somjen, G. & Carpenter, D. O. (1965). Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *Journal of Neurophysiology*, 28, 560-580.
<https://doi.org/10.1152/jn.1965.28.3.560>
- Hoff, J., Gran, A. & Helgerud, J. (2002). Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 12, 288-295.
<https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2002.01140.x>
- Hoff, J., Helgerud, J. & Wisløff, U. (1999). Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(6), 870-877. <https://doi.org/10.1097/00005768-199906000-00016>.
- Hurley, B. F., Seals, D. R., Ehsani, A. A., Cartier, L. -J., Dalsky, G. P., Hagberg, J. M. & Holloszy, J. O. (1984). Effects of high-intensity strength training on cardiovascular function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16(5), 483-486. <https://doi.org/10.1249/00005768-198410000-00011>

- Johnston, R. E., Quinn, T. J., Kertzer, R. & Vroman, N. B. (1997). Strength training in female distance runners: impact on running economy. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11(4), 224-229. <https://doi.org/10.1519/00124278-199711000-00004>
- Jones, E. J., Bishop, P. A., Woods, A. K. & Green, J. M. (2008). Cross-sectional area and muscular strength: a brief review. *Sports Medicine*, 38(12), 987-994. <https://doi.org/10.1185/0012-1642/08/0012-0987/>
- Joyner, M. & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *Journal of Physiology*, 586(1), 35-44. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>
- Keiner, M., Brauner, T., Kadlubowski, B., Sander, A. & Wirth, K. (2022). The influence of maximum squatting strength on jump and sprint performance: a cross-sectional analysis of 492 youth soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 5835. <https://doi.org/10.3390/ijerph19105835>
- Kirkpatrick, J. & Comfort, P. (2013). Strength, power, and speed qualities in english junior elite rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(9), 2414-2419. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182804a6d>
- Kubo, K., Kaneisha, H., Ito, M. & Fukunaga, T. (2001). Effects of isometric training on the elasticity of human tendon structures in vivo. *Journal of Applied Physiology*, 91(1), 26-31. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.91.1.26>
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N. & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, 116, 1091-1116. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>
- Majumdar, A. S. & Robergs, R. A. (2011). The science of speed: determinants of performance in the 100m sprint. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 6(3), 479-493. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.6.3.479>
- Marcinik, E. J., Potts, J., Schlabach, G., Will, S., Dawson, P. & Hurley, B. F. (1990). Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(6), 739-743.
- McArdle, W., Katch, F. & Katch, V. (2015). *Exercise Physiology – Nutrition, Energy, and Human Performance*. Baltimore: Wolters Kluwer Health.
- McBride, J. M., Blow, D., Kirby, T. J., Haines, T. L., Dayne, A. M. & Triplett, N. T. (2009). Relationship between maximal squat strength and five-, ten-, and forty-yard sprint times. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1633-1636. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b2b8aa>

- Meckel, Y., Atterbom, H., Grodjinovsky, A., Ben-Sira, D. & Rotstein, A. (1995). Physiological characteristics of female 100 metre sprinters of different performance levels. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35(3), 169-175.
- Medbø, J., Mohn, A. C., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O. & Sejersted, O. (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *Journal of Applied Physiology*, 64(1), 50-60. <https://doi.org/10.1152/jappl.1988.64.1.50>
- Medbø, J. & Tabata, I. (1989). Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. *Journal of Applied Physiology*, 67(5), 1881-1886. <https://doi.org/10.1152/jappl.1989.67.5.1881>
- Millet, G. P., Jaen, B., Borrani, F. & Candau, R. (2002). Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO₂ kinetics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(8), 1351-1359. <https://doi.org/10.1097/00005768-200208000-00018>
- Nader, G. A. (2006). Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(11), 1965-1970. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000233795.39282.33>
- Petterson, M. D., Alvar, B. A. & Rhea, M. R. (2006). The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 867-873. <https://doi.org/10.1519/R-18695.1>
- Piacentini, M. F., Ioannon, G. D., Comotto, S., Spedicato, A., Vernillo, G. & La Torre, A. (2013). Concurrent strength and endurance training effects on running economy in master endurance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), 2295-2303. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182794485>.
- Plotkin, D. L., Roberts, M. D., Haun, C. T. & Schoenfeld, B. J. (2021). Muscle fiber type transitions with exercise training: shifting perspectives. *Sports*, 9(9), 127. <https://doi.org/10.3390/sports9090127>
- Requena, B., Garcia, I., Requena, F., de Villareal, S-S. & Cronin, J. B. (2011). Relationship between traditional and ballistic squat exercise with vertical jumping and maximal sprinting. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(8), 2193-2204 <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e86132>
- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A. & Raastad, T. (2011). Strength training improves 5-min all-out performance following 185 min of cycling. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21, 250-259. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01035.x>

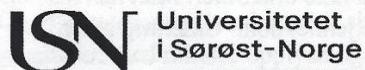
- Rønnestad, B. R & Mujika, I. (2014). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: a review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24, 603-612. <https://doi.org/10.1111/sms.12104>
- Sand, O., Sjaastad, Ø. V. & Haug, E. (2014). *Menneskets fysiologi* (2.utg.). Gyldendal Akademisk.
- Sandbakk, Ø. & Holmberg, H. (2017). Physiological capacity and training routines of elite cross-country skiers: approaching the upper limits of human endurance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(8), 1-26. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0749>
- Saunders, P., Pyne, D., Telford, R & Hawley, J. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Medicine*, 34(7), 465-485. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00005>
- Schoenfeld, B. J. (2010). Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3497-3506. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bac2d7>
- Schoenfeld, B. J., Contreras, B., Vigotsky, A. D. & Peterson, M. (2016). Different effects of heavy versus moderate loads on measures of strength and hypertrophy in resistance-trained men. *Journal of Sports Science and Medicine*, 15(4), 715-722.
- Schoenfeld, B. J., Grgic, J., Van Every, D. W. & Plotkin, D. L. (2021). Loading recommendations for muscle strength, hypertrophy, and local endurance: a re-examination of the repetition continuum. *Sports* 9(32). <https://doi.org/10.3390/sports9020032>
- Schoenfeld, B. J., Peterson, M. D., Ogborn, D., Contreras, B. & Sonmez, G. T. (2015). Effects of low- vs. high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(10), 2954-2963. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000958>
- Schoenfeld, B. J., Ratamess, N. A., Peterson, M. D., Contreras, B., Sonmez, G. T. & Alvar, B. A. (2014). Effects of different volume-equated resistance training loading strategies on muscular adaptations in well-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), 2909-2918. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000480>
- Seyfartz, A., Geyer, H., Günther, M. & Blickhan, R. A. (2002). A movement criterion for running. *Journal of Biomechanics*, 35, 649-655. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(01\)00245-7](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(01)00245-7)
- Smirniotou, A., Katsikas, C., Paradisis, G., Argeitaki, P., Zacharogiannis, E. & Tziortzis, S. (2008). Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(4), 447-457.
- Stone, M. H., Moir, G., Glaister, M. & Sanders, R. (2002). How much strength is necessary? *Physical Therapy in Sport*, 3, 88-96. <https://doi.org/10.1052/ptsp.2001.0102>

- Stone, M. H., Stone, M. E., Sands, W. A., Pierce, K. C., Newton, R. U., Haff, G. G. & Carlock, J. (2006). Maximum strength and strength training – a relationship to endurance? *Strength and Conditioning Journal*, 28(3), 44-53.
- Styles, W. J., Matthews, M. J. & Comfort, P. (2015). Effects of strength training on squat and sprint performance in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1534-1539. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001243>
- Støren, Ø., Helgerud, J., Johansen, J-M., Gjerløw, L-E., Aamlid, A & Støa, E. M. (2021). Aerobic and anaerobic speed predicts 800-m running performance in young recreational runners. *Frontiers in physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.672141>
- Støren, Ø., Helgerud, J., Støa, E. M. & Hoff, J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(6), 1087-1092. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318168da2f>
- Støren, Ø. & Norges teknisk-naturvitenskapelige universitetet Det medisinske, f. (2009). *Running and cycling economy in athletes; determining factors, training interventions and testing*, (413). Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Medicine, Department of Circulation and Medical Imaging, Trondheim.
- Støren, Ø. Sunde, A., Helgerud, J., Johansen, J-M-. Gjerløw, L-E., Hjortland, H. & Støa, E. M. (2023). Maximal aerobic and anaerobic power and time performance in 800m double poling ergometer. *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05149-9>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R. & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: training considerations. *Sports Medicine*, 48, 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S. & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46, 1419-1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Taipale, R. S., Mikkola, J., Nummela, A., Vesterinen, V., Capostagno, B., Walker, S., Gitonga, D., Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. (2009). Strength training in endurance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 31(7), 468-476. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1243639>
- Thompson, M. A. (2017). Physiological and biomechanical mechanisms of distance specific human running performance. *Intergrative and Comparative Biology*, 57(2), 293-300. <https://doi.org/10.1093/icb/icx069>

- Van Custem, M., Duchateau, J. & Hainaut, K. (1998). Changes in single motor unit behavior contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *Journal of Physiology*, 513(1), 295-305. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.1998.295by.x>
- van der Zwaard, S., Brocherie, F. & Jaspers, R. T. (2021). Under the hood: skeletal muscle determinants of endurance performance. *Frontiers in sports and active living*, 3. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.719434>
- Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M. C., Loenneke, J. P. & Anderson, J. C. (2012). Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2293-2307. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823a3e2d>
- Wilson, G. J., Murphy, A. J. & Walshe, A. D. (1997). Performance benefits from weight and plyometric training: effects of initial strength level. *Coaching and Sports Science Journal*, 2(1), 3-8.
- Wilson, G. J., Newton, R. U., Murphy, A. J. & Humphries, B. J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(11), 1279-1286.
- Wisløff, U., Castanga, C., Helgerud, J., Jones, R. & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 285-288. <https://doi.org/10.1136/bjism.2002.002071>
- Young, W. B. (2006). Transfer of strength and power training to sports performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1, 74-83. <https://doi.org/10.1123/ijsp.1.2.74>.
- Young, W., Benton, D. & Duthie, G. (2001). Resistance training for short sprints and maximum-speed sprints. *Strength and Conditioning Journal*, 23(2), 7-13.
- Zhou, B., Conlee, R., Jensen, R., Fellingham, G., Georg, J. & Fisher, A. (2001). Stroke volume does not plateau during graded exercise in elite male distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(11), 1849-1854. <https://doi.org/10.1097/00005768-200111000-00008>
- Østerås, H., Helgerud, J. & Hoff, J. (2002). Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 255-263. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0717-y>

VEDLEGG

1. FORESPØRSEL OM DELTAKELSE OG SAMTYKKE



Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt

Formel for prestasjon på 800m løping.

Bakgrunn og hensikt

Dette er en forespørsel til deg om deltakelse i en treningsintervensjon som er en del av et forskningsprosjekt hvor vi utprøver en formel for prestasjon på 800m mellomdistanseløp. Hensikten med studiet er å utvikle et nyttig treningsverktøy for utøvere og trenere innenfor mellom- og langdistanseløp.

Deltakelse i prosjektet vil innebære fysiske tester av egenskaper sentrale for prestasjon i 800m samt en 6 eller 8 ukers treningsperiode. Her kan du som deltaker velge om du vil delta i en treningsintervensjon som har som mål å øke din maksimale anaerobe hastighet (MANS) eller en treningsintervensjon som har som mål å øke din maksimale aerobe hastighet (MAS). Det er Universitetet i Sørøst-Norge (USN), avdeling Bø i Telemark, som er ansvarlig for gjennomføringen av studiet.

Resultatene av studien vil bli søkt publisert i to internasjonale tidsskrifter. I tillegg har prosjektet tilknyttet bachelor- og masterstudenter samt en doktorstipendiat ved USN som kan benytte resultatene i henholdsvis bachelor- og masteroppgaver, samt doktrogradsavhandling.

Metode

Trening: Målet med treningsintervensjonen er å øke MANS eller MAS, målt ved prestasjonstid på henholdsvis 100m og 800m. Treningsperioden består av totalt 18 økter fordelt over 6 uker (3 økter per uke) i MANS intervensjonen, og totalt 24 økter fordelt over 8 uker (3 økter per uke) i MAS intervensjonen. Treningsprogrammet for MANS består av tre forskjellige typer treningsøkter i uka: en sprintøkt, en spenstøkt og en økt med maksimal styrke. Det vil bli oppfordret til maksimal innsats for hver av repetisjonene under løp/hopp/løft. Øktene vil i hovedsak bestå av henholdsvis kortere sprinter, ulike versjoner av spenst hopp og tunge knebøy. Treningsprogrammet i MAS intervensjonen består av 3 økter i uka med 3-5 drag à 3-5 minutter med mål om å oppnå 10-15 minutter totalt i løpet av økta på 90% av maksimal hjerterefrekvens.

Fysiske tester:

Følgende tester vil bli gjennomført før og etter treningsperioden: maksimalt oksygenopptak (VO_{2max}), arbeidsøkonomi (C_r), maksimal styrke knebøy (1RM), spensttest (counter movement jump med armsving, (CMJas)). I tillegg måles tid på 100m, 800m og tid på 130% av MAS.

Arbeidsøkonomi: etter ca 10 min oppvarming måles oksygenopptak i 5 min på moderat intensitet. Testen oppleves ikke som særlig anstrengende.

Maksimalt oksygenopptak: en anstrengende, men kortvarig test på mølle som varer maksimalt 10 min og hvor kun de to-tre siste minuttene av testen er anstrengende. Testen starter med moderat belastning, deretter økes hastigheten gradvis. Teststans er det vi kaller for "frivillig

utmattelse”. Det vil si at deltakeren avslutter når han/hun ikke orker mer. Man kan når som helst avbryte testen ved ubehag utover det som normalt kjennes som ”ordentlig sliten”.

Maksimal styrke (1RM)

1RM 90 grader knebøy måler maksimal styrke i strekkapparatet og gjennomføres etter oppvarming og en gradvis progresjon opp mot 1 repetisjon maks.

Spentstest

Spentesten (CMJas) gjennomføres på kraftplattform, hvor høyeste hopp etter tre forsøk med riktig teknikk registreres som testresultat.

Tid på 130% av MAS

Testen gjennomføres på friidrettsbane, og deltaker løper så lenge som mulig på denne hastigheten. Farten styres av en syklist, og testen avsluttes når deltaker ikke lenger orker å holde følge med sykkelen.

800m

Dette er en prestasjonstest hvor man løper 800m så fort man klarer på friidrettsbane.

100m

Dette er en prestasjonstest hvor man løper 100m så fort man klarer på friidrettsbane.

Mulige fordeler ved deltakelse

Deltaker vil få oppgitt sine personlige testresultater, som kan være et verdifullt verktøy i eget treningsarbeid. Vi vil også tilby en re-test ved en senere anledning om dette er ønskelig. Disse nye testresultatene vil da ikke bli benyttet i studien. Deltaker får tett treningsoppfølging av kompetent personell, og får kartlagt fysisk form gjennom et antall tester uten økonomiske kostnader.

Mulige ulemper ved deltakelse

Fysiske tester og hovedøvelser i treningsopplegg vil gjennomføres med maksimal mobilisering/innsats, og vil derfor innebære noe større skaderisiko enn ved testing og trening med lavere belastning. Samtidig blir deltakerne tett fulgt opp av erfarne test- og treningsledere, og vil også bli fulgt opp av prosjektets fysioterapeut hvis det skulle oppstå overbelastning som følge av test- eller trening. Deltakere får utdelt eget skriv om dette.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger?

Vi vil kun bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Det er kun prosjektgruppa som har tilgang til opplysningene. Etter prosjektslutt vil data anonymiseres og koblingsnøkkel slettes. Prosjektslutt er 31.12 2024.

Alle opplysningene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjenner opplysninger. Det vil ikke være mulig å identifisere deg i resultatene av studien når disse publiseres.

Rett til innsyn og sletting av opplysninger

Som deltaker har du rett til å få innsyn i personlige data som registreres, få korrigert eventuelle feil i de opplysningene vi har registrert, få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), samt å sende klage til personvernombudet eller

datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger. Dersom du trekker deg fra studien, vil alle dine personopplysninger bli slettet. Du kan da også kreve å få slettet innsamlede testresultater, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke. På oppdrag fra USN har NSD – Norsk Senter for Forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Hvor kan jeg finne ut mer?

Hvis du har spørsmål om studien eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med

Prosjektleder: Eva Maria Støa (prosjektleder, førsteamanuensis USN), tlf: 39952732/41632015, e-mail: eva.m.stoa@usn.no

Vårt personvernombud: Pål Are Solberg

Mine rettigheter:

NSD-Norsk Senter for Forskningsdata AS (personverntjenester@NSD.no, tlf: 55582117)

Kontaktpersoner:

Lars-Erik Gjerløw (doktorstipendiat), tlf 35 95 28 65, e-mail: lars.e.gjerlow.usn.no

Jan-Michael Johansen (førsteamanuensis, labansvarlig, idrettsfysiologisk testlaboratorium,

USN, campus Bø), tlf: 91748374, e-mail: jan-michael.johansen@usn.no

Henrik Hjortland (masterstudent), henrik.hjortland@hotmail.com

Ansvarlige for prosjektet:

Førsteamanuensis Eva Maria Støa (prosjektleder og veileder for stipendiat), tlf 41632015 e-mail eva.m.stoa@usn.no

Førsteamanuensis Øyvind Støren (prosjektleder og veileder for stipendiat), tlf 96045270, e-mail oyvind.storen@usn.no

Samtykke til deltakelse i studien «Formel for prestasjon på 800m løp».

Jeg er villig til å delta i studien

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

(Signert, rolle i studien, dato)

