

# Mastergradsoppgave

## Sammenligning av eksplosiv styrke hos sprintere og styrkeløftere

Bjørn Johansen

KRM04-D

Mastergradsoppgave i

Kroppsøving

2012



Avdeling for  
lærerutdanning

## FULLMAKTSERKLÆRING – MASTERAVHANDLING

Norsk tittel: **Sammenligning av eksplosiv styrke hos sprintere og styrkeløftere**

Engelsk tittel: **Comparison of explosive strength in sprinters and powerlifters**

Sett ett kryss:

- Jeg ønsker at min avhandling skal være allment tilgjengelig
- Min avhandling må bare lånes ut etter samtykke i hvert enkelt tilfelle
- Min avhandling inneholder taushetsbelagte opplysninger og er derfor ikke tilgjengelig for andre

Dato: \_\_\_\_\_ Navn: \_\_\_\_\_

## Forord

Denne oppgaven er siste ledd i min mastergrad i kroppsøving. Hurtighet og styrke har alltid interessert meg. Jeg har derfor vært motivert til å jobbe med oppgaven. Men det har til tider vært tøft ved siden av full jobb.

Jeg må først og fremst takke min samboer, Kari og mine to barn, Helle og Ingrid for at jeg har fått gjennomført dette studiet og denne oppgaven. De har vært svært tålmodig med meg og gitt meg uendelig mange timer til disposisjon for å gjøre jobben. Tusen takk!

Så vil jeg takke min veileder og «allviter», professor Rolf P. Ingvaldsen. Med hans breie kunnskap og erfaring har jeg kommet i mål.

Til slutt vil jeg takke forsøkspersonene for deres deltakelse i denne studien. Dere stilte villig opp, viste interesse for forsøket og ga meg de nødvendige dataene.

Levanger 21.mai 2012

---

Bjørn Johansen

## Summary

**Purpose:** The aim of this study is to find out possible differences between sprinters and powerlifters on speed and force development on the bar at squat at different weight loads.

**Method:** In this study 5 male sprinters and 5 male powerlifters aged 17 to 29 years attended. They were tested in deep squat at various weight loads. First, there was 1RM test, followed by explosive squats related to body weight (BW) and with three load levels: 30, 60 and 90 % of 1RM. The speed of movement of the bar was measured with a linear encoder mounted on the bar. Based on these measurements, these variables were identified: group velocity for 0.1 sec (V01), 0.2 sec (V02), 0.3 sec (V03) and 0.5 sec (V05) after the concentric movement has started, time to peak velocity (TPV), time to half peak velocity (T½PV), average velocity (AV), peak velocity (PV), time to peak force (TPF) and time between TPF and TPV.

**Results:** In squat without external load sprinters quickly reached high speed and had a significantly higher PV than powerlifters (P=0.004). Sprinters had a significantly greater AV (P=0.008). After 0.2 sec sprinters had reached a speed that was significantly higher than powerlifters (P=0.008). The difference between TPF and TPV were significantly smaller in sprinters (P=0.048).

On squats with 30% of 1RM, powerlifters reached higher speed than sprinters in the beginning of the movement. They reached ½PV significantly faster than sprinters (P=0.028). After 0.1 seconds powerlifters had significantly higher speed than sprinters (P=0.048). After 0.3 s, however, sprinters had reached a higher speed than powerlifters, but this was not a significant difference. Powerlifters reached PF and PV faster than sprinters, but sprinters had higher PV and shorter time between TPF and TPV. None of these differences were significant.

With a load of 60% of 1RM the differences between the two groups were small. There was only one significant difference: the powerlifters reached PV faster (P=0.048). Powerlifters had greater speed until 0.5 sec after the start of the concentric movement, had shorter TPF and shorter time between TPF and TPV. The sprinters, however, ended up with the largest PV

Using loads of 90 % of 1RM, there were few and small significant differences between the two groups. The only significant one is the time between TPF and TPV (P=0.032). Powerlifters reach TPF 0.32 seconds before reaching TPV, while sprinter reached TPF only 0.07 seconds before TPV. Still, there are other several interesting differences here: Until V05 both groups had about the same speed. But after that, we see that powerlifters reached T½PV, TPF and TPV, respectively, 0.48 sec, 0.52 sec and 0.27 sec faster than the sprinters.

**Conclusion:** The reason why sprinters have the highest speed at the end of an effort can be due to the fact that a powerlifter usually trains with heavy weights, use a relatively long time on their lift and seldom have maximum effort at the end of the movement. Sprinters train often with no other load than body weight. This offers high speed throughout the whole lift, and they usually complete the movement with maximal effort.

Studies have shown that sprinters have a greater percentage of fast fibres than athletes from strength sports. Fast muscle fibres develop greater force at high speed relative to endurance fibres. At low speeds, however, they develop about the same force per unit area. This may be a factor that explains why powerlifters develop the greatest force in the beginning of the movement when the velocity is lowest, but fail to follow the sprinters when the speed goes up. This study indicates that weight training should be tailored to the specific requirements of the sport you are doing in terms of speed and force development.

**Keywords:** squat, powerlifters, sprinters, explosive, speed development, force development

## Sammendrag

**Formål:** Målet med denne studien var å finne ut hvilke forskjeller det var mellom sprintere og styrkeløftere på hastighets- og kraftutviklingen på stanga ved knebøy på ulike vektbelastninger.

**Metode:** I denne studien deltok det 5 mannlige sprintere og 5 mannlige styrkeløftere i alderen 17 til 29 år. De ble testet i øvelsen dyp knebøy med ulike vektbelastninger. Først ble 1RM testet, fulgt av eksplosiv knebøy med kroppsvekt (BW), 30, 60 og 90 % av 1RM. Hastigheten på bevegelsen av stanga ble målt med en lineær encoder festet på stanga. På grunnlag av disse målingene ble disse variablene identifisert: Gruppens hastighet etter 0,1 sek (V01), 0,2 sek (V02), 0,3 sek (V03) og 0,5 sek (V05) etter at den konsentriske bevegelsen har startet, tid til maksimal hastighet (TPV), tid til ½ maksimal hastighet (T½PV), gjennomsnittlig hastighet (AV), maksimal hastighet (PV), tid til maksimal kraft (TPF) og tiden mellom TPF og TPV.

**Resultater:** Ved knebøy uten ytre belastning nådde sprintere raskt stor hastighet og hadde en signifikant høyere PV enn styrkeløftere ( $P=0,004$ ). Sprintere hadde en signifikant større AV ( $P=0,008$ ). Etter 0,2 sek hadde sprintere nådd en hastighet som var signifikant høyere enn styrkeløftere ( $P=0,008$ ). Differansen mellom TPF og TPV var signifikant kortere hos sprintere ( $P=0,048$ )

Ved knebøy med 30 % av 1RM kom styrkeløftere raskere opp i hastighet enn sprintere. De nådde ½PV signifikant raskere enn sprintere ( $P=0,028$ ). Etter 0,1 sek hadde styrkeløftere signifikant større hastighet ( $P=0,048$ ). Men etter 0,3 sek hadde sprintere nådd større hastighet enn styrkeløftere, men forskjellen var ikke signifikant. Styrkeløftere nådde PF og PV raskere enn sprintere, men sprintere hadde større PV og kortere tid mellom TPF og TPV. Ingen av disse forskjellene var signifikante.

Ved 60 % av 1RM er forskjellene mellom gruppene ikke så store og bare der styrkeløftere når TPV først var det signifikant forskjell ( $P=0,048$ ). Styrkeløftere har større hastighet til og med 0,5 sek etter starten av den konsentriske bevegelsen, har kortere TPF og kortere tid mellom TPF og TPV, men sprintere ender opp med den største PV.

Ved 90 % av 1RM er det få store og signifikante forskjeller. Det er bare tiden mellom TPF og TPV forskjellen er signifikant ( $P=0,032$ ). Styrkeløftere når TPF 0,32 sek før de når TPV, mens sprinter når TPF bare 0,07 sek før TPV. Men likevel er det flere interessante forskjeller her. Helt til V05 har gruppene omtrent samme hastighet. Men etter det ser vi at styrkeløftere når T½PV, TPF og TPV på henholdsvis 0,48 sek, 0,52 sek og 0,27 sek kortere tid enn sprintere.

**Konklusjon:** Styrkeløftere trener som regel med tunge vekter, bruker som regel lang tid på sine løft og har sjelden maksimal innsats på slutten av løftet. Sprintere trener ofte uten annen belastning enn

kroppsvekt, noe som gir stor hastighet under hele løftet, og de fullfører som regel bevegelsen med maksimal innsats under hele løftet. Dette kan være årsaken til at sprintere har størst hastighet på slutten av alle løft uansett vekt.

Studier har vist at sprintere har en større prosentandel hurtige fibre enn utøvere fra styrkeidretter. Studier har også vist at hurtige muskelfibre utvikler større kraft på store hastigheter i forhold til utholdene muskelfibre. Men på lave hastigheter utvikler de omtrent samme kraft per arealenhet. Det kan være en faktor som forklarer hvorfor styrkeløftere utvikler størst kraft i starten av bevegelsen når hastigheten er lavest, men ikke greier å følge med sprintere når hastigheten går opp. Denne studien indikerer at vekttrening bør tilpasses de spesifikke kravene din idrett stiller til hastighet og kraftutvikling.

**Nøkkelord:** Knebøy, styrkeløftere, sprintere, eksplosiv, hastighetsutvikling, kraftutvikling

## Innledning

Innenfor idretter som sprint, hopp og kast er det avgjørende å utvikle stor kraft på kort tid.

Bevegelsene er raske, og det er liten tid til å utvikle kraft. I styrkeløft skal det også utvikles stor kraft, men her er det ingen tidskrav utover at det må være en kontinuerlig bevegelse, dvs. ingen stopp i løftet. På den måten representerer friidrettsutøverne og styrkeløftere to ekstremer i forholdet å kombinere maksimal kraft med hastighet. For de første er farten helt avgjørende, mens for styrkeløftere spiller den ingen rolle for prestasjonen. For både sprintere og styrkeløftere er maksimal styrketrening vanlig og felles er knebøy som en viktig øvelse. Selv om mange sprintere er sterke i denne øvelsen viser det seg imidlertid, paradoksalt nok, i mange tilfeller at det ikke er nødvendig å være sterk i knebøy for å løpe fort.

Denne ulikheten i kraftutvikling mellom sprintere og styrkeløftere kan beskrives som ulike krav til effekt, dvs. power. Effekt (power) beskrives som evnen til å produsere størst mulig kraft på kortest mulig tid. Effekt er et produkt av kraft (F) multiplisert med farten (V) på bevegelsen:  $P = F \times V$  (Bompa, 1999). Som et eksempel på dette kan nevnes at Mero og Komi (1994) beregnet en propulsiv effekt på 43,7 W/kg med en maksimal løpshastighet på 9,59m/s. Ved en masse på 74,2 kg vil dette tilsvare en effekt på 3242,5W. I styrkeløft er det tung belastning, men bevegelsen er relativt langsom. Ved et markløft på 405 kg som tok 2 sek ble effekten beregnet til 793,8W (Theory Of Athletic Power Production, 2011). I en studie av McBride, McBride, Davie, & Newton (1999) ble det blant annet sett på både effekt og hastighet mellom vektløftere, styrkeløftere og sprintere på ulike belastninger i knebøy. Funnene viste at gruppen med styrkeløftere scoret signifikant lavere enn både vektløftere og sprintere i disse testene, men fikk høyere effekt enn sprinterne på knebøy med 90 % av 1RM.

Dette reflektes til dels i ulike treningsmetoder. For styrkeløftere er ikke knebøytreeningen et middel for nå et annet mål, men selve målet: å løfte så mye som mulig i knebøy. Sammen med benkpress og markløft trenes det kun for å bli sterkest mulig. Det trenes mye på hovedøvelsene og i tillegg har de enkelte styrkeøvelser som skal være til hjelp for hovedøvelsene. Det settes heller sjelden krav til hastighet på løftene. Repetisjonene utføres som regel i moderat tempo (Wolf, 2011). I enkelte styrkemiljøer er hurtig, eksplosiv løfting en del av treningen for styrkeløft. Blant dem er styrkemiljøet rundt Westside Barbell i USA. På hver av øvelsene har de en «tung» dag (90-100 % av 1RM) med langsame bevegelser og en dag med lette vekter (50-60 % av 1RM) med raske bevegelser. De benytter dessuten mange tilleggsøvelser uten vekter. For eksempel å dra tunge sleder og spensthopp. At øvelsene skiller seg fra typiske styrkeøvelser, er ikke først og fremst for å bli hurtigere, men fordi de i tillegg til å øke den hurtige styrke også skal øke den maksimale styrke (Simmons, 2007).



For en sprinter er styrketreningen en del av mange treningsformer. Treningsopplegg inneholder som regel treningsformer som løpshurtighet, spenst, styrketrening, utholdende løpshurtighet, aerob trening og diverse drilløvelser. Hver treningsform utføres som oftest 1-3 ganger per uke.

Styrketrening står som regel på programmet 2-3 ganger per uke, og øvelsen knebøy trenes ofte med samme frekvens. Det settes ikke spesielle krav til tempo i løftingen når det gjelder å forbedre den maksimale styrken. Men sprintere trener ofte hurtig styrke i tillegg til maksimal styrke. Dette kan være øvelser som olympiske løft og hopp med vekter (Olympiatoppen, 2011).

Det er vanskelig direkte å observere hvilke øvelser som er effektive i et treningsopplegg. Det er ofte mange treningsformer og ulike faktorer som vil og kan påvirke en utøver. Men årsaken til at knebøy brukes blant mange sprintere er at mange har positive erfaringer med øvelsen. Det er mulig å bruke kontrollerte forsøk for å se om øvelsen har effekt på løpshurtigheten. Det kan imidlertid ofte gå på bekostning av validiteten fordi forsøket som regel går over kort tid og det er sjelden sprintere benyttes som forsøkspersoner.

Wisløff (2004) fant i en studie av 17 fotballspillere på norsk elitenivå en korrelasjon mellom maksimal styrke i halv knebøy og 10 og 30m sprint ( $r=0,94$  og  $0,71$ ). Ut fra dette konkluderte han at fotballspillere burde trene maksimal styrketrening for beinmuskulaturen for å øke løpshurtigheten. Enoksen, Tønnesen, & Tjelta (2007) finner også en sammenheng mellom testresultatene for spenst, hurtighet og relativ styrke i knebøy under tester på Olympiatoppen på eliteutøvere. 10 av de beste utøverne på herresiden veier i gjennomsnitt 89 kg (+/- 15 kg), løfter i snitt 236 kg (+/-50 kg) i dyp knebøy og løper 40 m på 4,57 (+/-0,5 sek). Dette gir en relativ styrke på 2,7. Men flere undersøkelser viser at de som bare vektlegger maksimal styrke i sin trening ikke får signifikant bedret hurtighet (Delecluse, 1997; Cronin & Hansen, 2005; Donati, 1996). Det betyr at en finner en korrelasjon mellom styrke i knebøy og løpshurtighet, men ikke at ekstra trening gir bedre resultater. Dette kan tolkes som støtte til Letzelter, Letzelter, & Steinmann (1986). De mener det er en optimal og avtagende effekt av beinstyrke for å bedre løpshurtigheten og foreslår at 150 kg 1RM i knebøy som en tentativ grenseverdi for å forbedre seg i sprintløp. Ytterligere styrke vil for de fleste ikke føre til bedre løpsresultater.

## **Fysiologiske tilpasninger ved maksimal styrketrening**

Ulike studier viser store forskjeller i styrkefremgang. Dette kan skyldes flere forhold, men forskjellige treningsprogrammer og ulik treningsstatus hos forsøkspersonene er sannsynligvis de viktigste årsakene. De fleste studier av styrketrening gjennomføres på relativt utrente personer. Ved slike forsøk finner en ofte en framgang i 1RM på ca. 1 % per økt. Hos godt styrketrente utøvere vil en som regel finne mye mindre framgang (Raastad, Paulsen, Refsnes, & Wisnes, 2010).

Den mest åpenbare og dokumenterte effekten av styrketrening er økt muskeltverrsnitt. Dette kan skje gjennom hypertrofi eller hyperplasi. Det antas at hypertrofi står for mesteparten av tverrsnittøkningen, og hyperplasi for en liten del om det i det hele tatt skjer (Fleck & Kraeme, 2004).

Flere studier viser endringer i den prosentvise fordelingen av muskelfibertyper ved trening. Den største delen av type 2X finner vi hos utrente. Ved maksimal styrketrening vil store deler av type 2X gå over til type 2A. Det er noe usikkert, men enkelte studier tyder på at en liten andel type 1-fibre også kan gå over til type 2A ved styrketrening (Andersen, Klitgaard & Saltin, 1994; Jansson, Esbjornsson, Flolm, & Jacobs, 1990).

Det er utført få studier på endringer i musklens lengde etter perioder med styrketrening. Jobber man med korte muskellengder får man som regel en relativt kort muskel og det motsatte ved arbeid med lange muskellengder (Enoksen et al., 2007). Antallet sarkomerer i serie er med og bestemmer hvilken hastighet musklens ender nærmer seg hverandre ved maksimal kontraksjon ved liten motstand. Når muskelen stadig settes på strekk tilpasser muskelen seg ved å addere flere sarkomerer i lengderetningen i hver myofibril (Raastad et al., 2010).

Den første styrkeøkningen under en styrketreningsperiode blir tradisjonelt forklart med forandringer i nervesystemet pga læring og koordinasjon og tilpasning til smerte. Økt styrke i denne fasen kan også skyldes bedret evne til å rekruttere flere motoriske enheter. Disse forklaringene bygger på at det vanligvis er påvist liten eller ingen tverrsnittøkning i starten av treningsperioden og at flere studier har vist økt EMG-signal under isometriske aksjoner tidlig i en treningsfase (Raastad et al., 2010).

Effekt defineres som arbeid per tidsenhet. Maksimal effekt bestemmes av evnen til hurtig og maksimal aktivering av hele den aktuelle muskelmassen og muskelmassens iboende maksimale evne til kraftproduksjon. For å nå maksimal kraft raskt er stigningen av kraften i starten av en muskelaksjon (RFD, "rate of force development") viktig (Raastad et al., 2010). Flere studier viser at maksimal styrketrening gir økt maksimal effekt (W) og økt hopphøyde (Zaciorskij, 1977; Wilson, Newton, Murphy, & Humphries, 1993; Adams, O'Shea, O'Shea, & Climstein, 1992). Denne forbedringen av effekt og hopphøyde ble forklart med at vi har relativt lang tid (250-400ms) til å utvikle kraft i den konsentriske fasen i et vertikalt hopp. Allen, Hakkinen, & Komi (1984), Hakkinen (1994), Bobbert & Van Soest (1994) fant på sin side ikke økt verikal hopphøyde hos godt trente utøvere og hevder at styrketrening ikke øker vertikal hopphøyde. Det skyldes at vi først må lære å rekruttere de aktive muskler spesifikt i vertikal hopp. Etter perioder med maksimal styrketrening viser flere studier økt RFD (Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson, & Dyhre-Poulsen, 2002; Samdal, 2000; Jensen, 2000; Lesund, 2000). Lesund (2000) og Samdal (2000) testet henholdsvis

fotballspillere og mellomdistanseløpere etter en periode med maksimal styrketrening i knebøy. Begge gruppen hadde økt 1RM, RFD, toppkraft og tid til toppkraft, men økte ikke sin hoppøyde.

## **Fysiologiske tilpasninger ved spenst- og hurtighetstrening**

Studier det er henvist til tidligere, viser det er liten økning av maksimal styrke ved hurtighets- og spensttrening. Men det finnes også andre treningsformer med betydning for styrke, spenst og hurtighet. Et eksempel er det klassiske eksperimentet til Kuznesow (1972) med fallhopp trening på spydkastere. Denne studien viste markant fremgang både på vertikal hoppøyde og horisontal hopplengde, uten at det ble fremgang i dyp knebøy. Markovic, Jukic, Milanovic, & Metikos (2007) og Wilson, Murphy, & Giorgi (1996) fant imidlertid etter en periode med spenst- og sprinttrening med kroppsvekt som motstand, endringer i 1RM i knebøy og benkpress i størrelsesorden 3-15 %.

Kraftutviklingen i en muskelgruppe reguleres både av antall motoriske enheter som rekrutteres, og hvilken fyringsfrekvens som aktiverer den. I starten av en muskelaksjon kommer ofte impulsene svært tette. Dette er såkalte dubletter og tripletter som er impulser. Enkelte mener at økt hoppøyde skyldes økt kraftutvikling i den konsentriske fasen på grunn av bedret nevralt aktivering av muskulaturen (Raastad et al., 2010). Häkkinen, Komi, & Alén (1985) fant økt EMG ved isometrisk arbeid etter 24 uker med eksplosiv styrketrening. Van Cutsem, Duchateau, & Hainaut (1998) der tibetalis anterior ble trent med maksimale balilistiske aksjoner i 12 uker, forklarte i en studie den økte hastigheten på kraftutviklingen med økt fyringsfrekvens.

Trening med ingen motstand, som kan kalles læringsforsøk for bedre koordinasjon, har vist seg å virke positivt på evnen til å utvikle maksimal effekt. (Adams et al., 1992; Häkkinen et al., 1985; Wilson et al., 1993). En metaanalyse gjort av Marković et al. (2007) viste at 5-12 uker med plyometrisk trening øker hoppøyden med 3-10 %. Flere studier viser at trening med lett eller moderat motstand bedret prestasjonen i eksplosive øvelser. Harrison & Bourke (2009) fant forbedret akselerasjon etter en periode med sprinttrening med ekstra motstand ved å dra en slede. Trening med lett eller moderat motstand viser fremgang i evnen til hurtig kraftutvikling (Häkkinen et al., 1985; Wilson et al., 1993).

Det ser altså ut til at læring og bedret koordinering kan ha større betydning for hoppøyde enn økning av muskelstyrke og tversnitt i beinmuskulaturen.

## **Krav og beskrivelser av 100m sprintløp og knebøy**

Det stilles ulike krav til vektbelastning, bevegelse og hastighet under sprintløp og knebøy. Ved å beskrive øvelsene og vise hvilke krav som stilles, vil man se likheter og ulikheter mellom de to øvelsene.

## 100m

Et sprintløp er en syklisk øvelse der samme bevegelse gjentas mange ganger. Du skal forflytte din egen kropp over en viss avstand så fort som mulig. Dette setter store krav til å kunne utvikle stor kraft på kort tid. I startblokkfasen ligger aksjonstiden (totalt starttid ÷ reaksjonstid) for de beste på ca. 0,16 sek for det bakre benet, og 0,34 sek for det fremre benet, mens kontakttiden med bakken under fasen med maksimal hastighet ligger på 0,08-0,09 sek (Andersson, 1992). Under maksimalhastighetsfasen kommer de beste sprinterne opp i en vertikal kraft på over 3000 N (Mann, 2011).

## Knebøy

Konkurransøvelsen knebøy er en asyklisk øvelse der det stilles krav til stor kraft, men har ikke noe tidskrav uten om at bevegelsen skal foregå uten stopp.

Treningsøvelsen knebøy kommer i mange varianter. Det skilles som regel på hvor stangen plasseres og hvor dypt man går. De mest vanlige treningsteknikkene i knebøy med stang bak nakke er styrkeløftknebøy og vektløfterknebøy (Rippetoe & Kilgore, 2007). I styrkeløftknebøy foregår bevegelsen primært om hofteleddets og mindre om kneleddet. Stanga plasseres langt nede på skuldrene. Setet føres langt tilbake og vinkelen i overkroppen er mindre enn 45 grader til underlaget. Med denne teknikken er hofteladdstrekkerne mest aktive og nedre del av korsryggen får en stor belastning. I vektløfterknebøy plasseres stanga høyere opp (ovenfor nakkevirvel C7). Setet føres ikke så langt bak og belastningen blir dermed mere jevnt fordelt på hoft- og knestrekke (Raastad et. al, 2010).

Schilling, Falvo, & Chiu (2008) testet kraft og hastighet i knebøy med maksimal akselerasjon på amerikanske vektløftere på landslagsnivå i 85 kg-klassen. De testet ved ulike vektebelastninger: 170, 150, 130 og 110 kg. På 170 kg brukte de 2,8 sekunder på løftet og hadde en toppkraft på 1189N. På 150 kg brukte de 2,4 sek mens toppkraften var økt til 1210N. På 130 kg brukte de 2,3 sek og toppkrafta økte til 1332N. På 110 var tiden kommet ned i 2,2 sek, men kraften var gått ned til 1007N.

## Studier på hastighet og kraft i knebøy og vertikale hopp

Det er gjort mange studier på vertikale hopp og knebøyhopp. I studiene ser en ofte på hopp høyde, maksimal hastighet, power og kraft. De fleste er gjort med en minimal knevinkel på 90°. McBride et al. (1999) sammenlignet vektløftere, styrkeløftere og sprintere på vertikale hopp ved ulike belastninger. Deltakerne gikk ned til 90° knevinkel, og det ble samlet inn data om maksimal power, maksimal kraft, maksimal hastighet og hopp høyde. Vektløfterne hadde signifikant høyere 1RM enn sprinterne. Styrkeløftere var ikke signifikant sterkere enn sprintere. Vektløfterne hadde betydelig høyere hastigheter, og hoppet høyere enn styrkeløftere på de ulike belastningene. Sprintere hadde

høyere maksimal hastighet og hoppet høyere sammenlignet med styrkeløftere på de letteste belastningene, men på de middels og tyngste belastningene var forskjellene små. Forskjellene mellom sprintere og vektløftere på hastighet og hopp høyde på alle belastningene var små. Ut i fra resultatene kan det se ut som at styrke, power og hastighet er spesifikke for hver gruppe og er mest sannsynligvis påvirkes av de ulike måtene å trene på.

I 2009 utførte Arve Røtting en studie på styrkeløftere og vektløftere. Hensikten var å se om myten om at styrkeløftere var treige, mens vektløftere var hurtige, stemte. Forsøkspersonene ble testet i dyp knebøy og skrå benkpress. Forsøkspersonene utførte 10 single reps i begge øvelser med en belastning fra svært lett i første sett, til de endte opp med å utføre den tiende repetisjonen med maksimal belastning. Forsøkspersonene skulle utføre hver repetisjon så hurtig som mulig. Under testen ble følgende målt: tid til maksimal kraft, tid til maksimal hastighet og intervallet mellom tid til maksimal kraft og tid til maksimal hastighet. Resultatene på knebøy viste at styrkeløftere nådde maksimal kraft og maksimal hastighet raskere enn vektløfterne. Resultatene viste også at tiden mellom maksimal kraft og maksimal hastighet var kortere for styrkeløftere enn for vektløftere. Altså – det antas at vektløfteren hadde en lengre akselerasjonsfase enn styrkeløfteren. Det går imidlertid ikke fram av denne undersøkelsen, som benyttet akselerometer til å måle kraftutvikling, hvordan dette eventuelt ga seg utslag i ulik hastighet.

Når eliteutøvere sammenlignes med utrente, forventes det betydelige forskjeller i kraft og hastighet. I en studie av Driss, Vandewalle, Quièvre, Miller, & Monod (2001) ble eliteutøvere i volleyball og vektløfting sammenlignet med stillesittende kvinner og menn på blant annet på hopp uten ekstra belastning. Eliteutøveren oppnådde en maksimal hastighet på 2,87 m/s, stillesittende menn fikk 2,46 m/s, mens stillesittende kvinner fikk opp en maksimal hastighet på 2,18 m/s. Resultatene viser at det er store forskjeller mellom eliteutøvere i eksplosive øvelser og utrente individer.

Ved hopp på ulike belastninger går den maksimale hastigheten ned ved stigende belastning. Hvor mye hastigheten går ned kommer an på evnen til å utvikle kraft på ulike hastigheter. Cormie, McBride, & McCaulley (2008) undersøkte virkningen av ulike belastninger i knebøyhopp på utrente individer. Hoppene ble utført på 5 ulike belastninger: 0, 20, 40, 60 og 80kg (noe som tilsvarte 0, 18, 37, 55 og 74 % av 1RM). Hastigheten ved de ulike belastningene var henholdsvis 3,09, 2,56, 2,15, 1,86 og 1,62m/s. Tid fra forsøkspersonen starter bevegelsen til han lettet fra bakken var henholdsvis 1,04, 1,21, 1,38, 1,58 og 1,66 sekunder. Denne studien er på utrente individer, og det er sannsynlig at man vil kunne finne andre tall på trente individer innenfor styrke- og eksplosive idretter.

Hopp er en vanlig bevegelsesform, men en kan tenke seg at ulike tekniske løsninger vil kunne påvirke resultatet og utøvere med stort potensiale til å utvikle stor kraft ikke får vist sitt potensiale pga.

uhensiktsmessig teknikk. Vanezis & Lees (2005) så i en studie etter biomekaniske forskjeller på gode og dårlige prestasjoner ved vertikale hopp. De konkluderte med at forskjellen på gode og dårlige hopp skyldes hovedsakelig utviklingen av stor kraft hurtig. Det så ut som teknikken hadde mindre betydning.

## Bakgrunn for oppgaven

Studien til Røtting (2009) tar opp et interessant tema, men en står også igjen med en rekke ubesvarte spørsmål. Røtting sier blant annet at den høyere hastighet som var forventet av vektløfterne ikke kan forklares med en kortere tid til maksimal kraft (TPF), men en lengre akselerasjonsperiode etter at TPF var oppnådd. Intervallet TPF – TPV (tid til maksimal hastighet) var lengre for vektløfterne, noe som også blir forklart ved at vektløfterne hadde en lengre akselerasjonsperiode enn hva styrkeløftere hadde etter at PF var oppnådd. Røtting ønsket å undersøke maksimal hastighet, men på grunn av målemetoden (akselerometer) han brukte, fikk han ikke beregnet hastighet. Vibrasjon i vektstengene førte til støy i målingene og til at mange data måtte forkastes. Til sammen angår dette så mange målinger at en kan stille spørsmål ved validiteten til studien i å skille vektløfteres og styrkeløfteres egenskaper i forhold til kraftutvikling. At resultatet også var noe uventet, bidrar til å stille spørsmål ved funnene. Og ikke minst, på grunn av måle problemene, går Røtting glipp av det som for trenere og utøvere ville ha størst interesse, hvem er raskest av vektløftere og styrkeløftere?

Et annet spørsmål som kan stilles, er om Røttings oppgave gir et riktig bilde av eventuelle forskjeller i hurtigheten til vektløftere og styrkeløftere. Styrke- og vektløftere trener relativt likt og kan regnes som en ganske homogen gruppe. Dette kan gjøre det vanskelig å finne forskjeller spesielt når nivået på deltagerne ikke var på høyt internasjonalt nivå.

For om mulig å besvare noen av disse kritiske spørsmålene vil jeg gjøre en lignende studie som Røtting, men med mindre homogene grupper. Ettersom forskjellen i hastighet på bevegelsen i konkurranseøvelsene for sprintere og styrkeløftere er relativt stor, har jeg valgt å sammenligne disse to gruppene. Sjansen for å finne forskjeller mellom to såpass heterogene grupper vil jeg anse som større.

For å teste kraft og hastighet er knebøy en god øvelse. Denne øvelsen er en konkurranseøvelse for styrkeløftere og er mye brukt treningsøvelse for sprintere. Det er også metodisk sett viktig å sørge for at deltakerne akselererer ut hele bevegelsen når de gjør knebøy, slik at de når PV og man er sikker på at man har nådd PF. Akselerometer i måling av knebøy er problematisk på grunn av at det lett fanger inn stangens vibrasjoner, noe som skaper støy i data. Her er det derfor brukt et alternativt måleverktøy, en lineær encoder der en snor er festet til stanga. Snora går til en snelle som registrerer

stangens posisjon. Dette gjør det lett å beregne stangens hastighet og å finne maksimal hastighet. Dermed kan en i prinsippet finne ut når krafta er størst og finne tiden mellom PF og PV. Kort sagt vil hovedproblemstillingen for denne studien være hvilke forskjeller er det på hastighets- og kraftutviklingen på stanga ved knebøy på ulike vektbelastninger for utøvergruppene, sprintere og styrkeløftere?

## Metode

### Forsøkspersoner

I denne studien deltok det 5 mannlige sprintere og 5 mannlige styrkeløftere i alderen 17 til 29 år. Deltakerne ble informert om prosedyren og at de kunne trekke seg når som helst før og under forsøket. Det ble stilt krav om at alle deltakerne var kvalifisert til nasjonale mesterskap på junior- eller seniornivå, konkurrerte aktivt og var vant med øvelsen dyp knebøy.

**Tabell 1: Karakteristikker for 5 mannlige sprintere**

Karakteristikk	Minimum	Maksimum	Gjennomsnitt	SD
Alder (år)	18	25	20,6	2,42
Høyde (cm)	175	191	181,8	5,27
Vekt (kg)	68,4	94,5	75,9	9,49
1RM knebøy (kg)	105	160	126	18,82

**Tabell 2: Karakteristikk for 5 mannlige styrkeløftere**

Karakteristikk	Minimum	Maksimum	Gjennomsnitt	SD
Alder (år)	17	29	21,6	4,72
Høyde (cm)	174	179	177,2	1,94
Vekt (kg)	82,5	99,6	86,16	7,4
1RM knebøy (kg)	105	160	142	19,65

### Ekspérimentelt design

Sprintere og styrkeløftere ble testet i øvelsen dyp knebøy med ulike vektbelastninger. Alle testene på hver enkelt forsøksperson ble gjennomført samme dag. Først ble 1RM testet, fulgt av BW, 30, 60 og 90 % av 1RM. Testene ble utført av samme testleder hver gang, men på grunn av geografisk spredning på deltakerne ble ulike lokaler brukt for de to gruppene.

For at deltakerne skulle gjøre øvelsen mest mulig likt ble det satt noen krav til utførelsen. Mange styrkeløftere legger stanga langt ned på skuldrene og har en lav vinkel på ryggen når de konkurrerer. Sprintere legger som regel stanga høyt på skuldrene og har en høyere vinkel på ryggen. Knebøy med stanga høyt på skuldrene er en vanlig treningsøvelse for styrkeløftere, mens knebøy med stanga langt nede på nakken er ofte ukjent for sprintere og er vanskelig å utføre uten å ha trent på det. Derfor ble knebøy med stanga høyt på skuldrene valgt. Krav til dybde var at forsiden av lårene, ved



omdreiningspunktet i hofta skulle være litt lavere enn det høyeste punktet på kneet. Dette er også innenfor kravet for godkjent dype i styrkeløftkonkurranser. Jeg ønsket ikke at de skulle gå særlig dypere fordi det kunne føre til for stor ulik dybde blant deltakerne. Deltakerne fikk fritt velge bredde mellom beina.



**Figur 1: Vektløfterknebøy med stanga høyt på skuldrene (Hentet fra Raastad et al., 2010)**

### Testprosedyre

Første test var 1RM. I og med at alle deltakerne var vant med å teste 1RM, fulgte de sin individuelle oppvarmingsprosedyre før testen. Oppvarmingen tok ca. 20 minutter. Ved testen ble deltakerne instruert om å gå ned til forsiden av lårene ved omdreiningspunktet i hofta var litt lavere enn det høyeste punktet på kneet. Når de nådde denne dybden, skulle de umiddelbart bevege seg oppover uten stopp. Deltakerne gjorde 2-3 forsøk før 1RM var avgjort. Testene på kroppsvekt (kosteskaft), 30 %, 60 % og 90 % av 1RM ble gjort ca. 10 min etter testen av 1RM. De startet med kroppsvekt, så 30 %, 60 % og 90 % av 1RM. Deltakerne hadde ca. 5 min pause mellom hvert forsøk. Når deltakerne hadde kommet i stillingen de hadde fått instruksjon om, skulle de på beskjed fra testleder starte bevegelsen oppover. Deltakerne ble instruert i at når de fikk signalet fra testleder skulle de umiddelbart eksplodere oppover så hurtig som mulig til føttene forlot underlaget.

## Apparatur og testinstrumenter

Det ble brukt frie vekter. Olympisk vektstang med tilhørende vektskiver. Eneste tillatte hjelpemiddel var styrke- og vektløfterbelte.

Hastigheten på bevegelsen av stanga ble målt med en lineær encoder (Ergotest Technology, Langesund, Norge) som ble festet på stanga. Signalene ble sendt fra encodern til en konverter (Muscle Lab, 4010, Ergotest AS, Langesund, Norge) tilkoblet en PC med en programvare for datainnsamling og analyse (Muscle Lab v8).



Figur 2: Snora fra encodern (1) er festet til vektstanga (2).

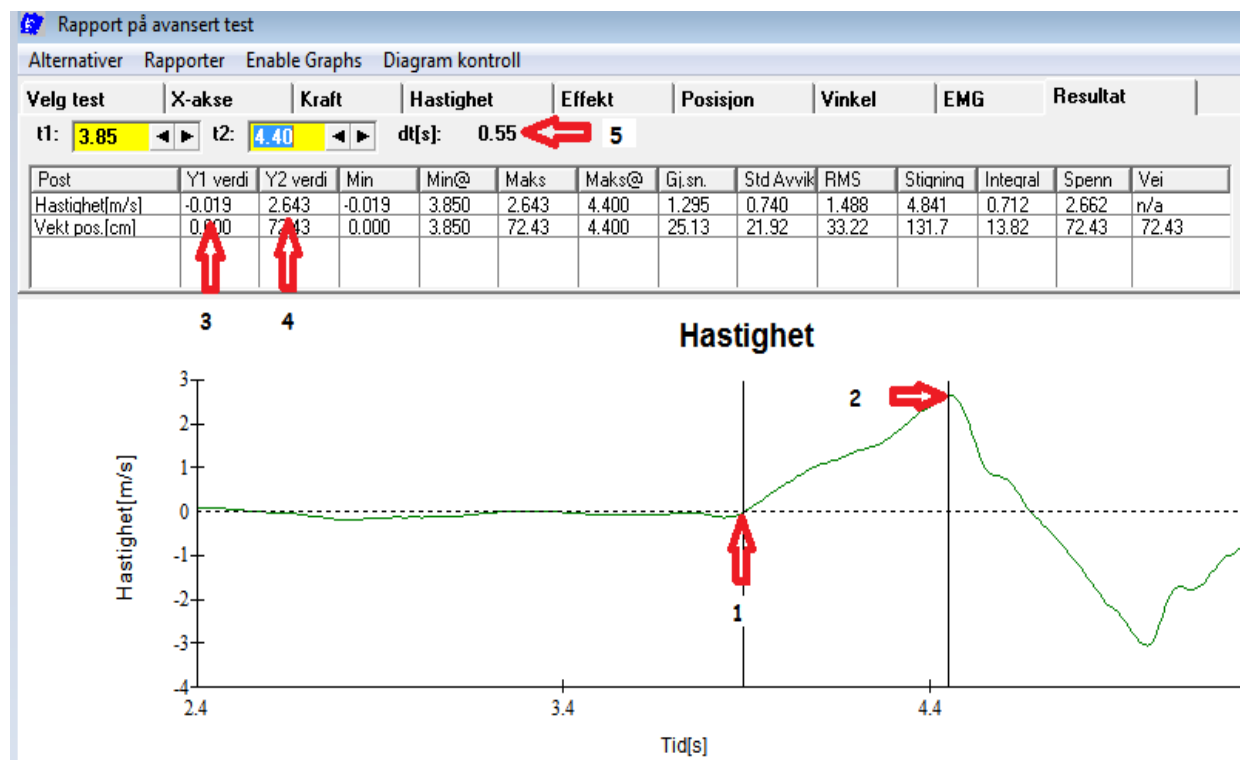


**Figur 3: Oversikt over teststasjonen. Snora fra encoderen festet til stanga (1). Konverter (2). Bærbar PC (3). Lineær encoder (4).**

### Analyse av data

Stangas posisjon ble målt med en frekvens på 100Hz. Ut fra dette ble hastigheten av stangas vertikale bevegelse beregnet. Ut i fra hastighetskurven kunne man finne hastigheten på stanga ved ulike tidspunkter på de ulike vektbelastningene. På grunnlag av disse målingene ble disse variablene identifisert: Gruppens hastighet etter 0,1 sek (V01), 0,2 sek (V02), 0,3 sek (V03) og 0,5 sek (V05) etter at den konsentriske bevegelsen har startet, tid til maksimal hastighet (TPV), tid til  $\frac{1}{2}$  maksimal hastighet ( $T\frac{1}{2}PV$ ), gjennomsnittlig hastighet (AV) og maksimal hastighet på stanga (PV). Ved å derivere hastighetskurven får vi kraftutviklingen og kan dermed finne tid til maksimal kraft (TPF) og tiden mellom TPF og TPV.

## Identifisering av tid og hastigheter



**Figur 4:** Figuren viser hastighetskurven under testing av knebøy med 30 % av 1RM. Venstre markør er satt der bevegelsen starter (1). Høyre markør er satt der hastigheten er maksimal (PV) (2). Viser hastigheten der venstre markør på hastighetskurven er satt (3). Viser hastigheten der høyre markør er satt på hastighetskurven (4). Tid mellom venstre og høyre markør (5).

For å få fram verdiene en var interessert i, ble venstre og høyre markør flyttet langs hastighetskurven.

1. Først måtte det fastslås når bevegelsen starter. Dette punktet ble identifisert ved å finne ut der hastigheten var null før hastigheten endrer seg systematisk konsentrisk.
2. Maksimalverdien for hastighet ble indentifisert og en fant PV, TPV og AV.
3. Ved å flytte høyre markør langs kurven finner man  $T\frac{1}{2}PV$ , V01, V02, V03, V05
4. Ved å derivere tallene fra hastighetskurven ble kraft og PF indentifisert.

## Statistisk analyse

Data er presentert med gjennomsnitt og standardavvik. Statistiske analysen av data er gjort i statistikkprogrammet SPSS. Forskjellen mellom de to utvalgene ble testet ved å bruke en enhalet Mann-Whitney U-test med utgangspunkt i hypotesen at sprintere er raskere enn styrkeløfteren. Grensen for statistisk signifikans ble satt til  $P<0,05$ .

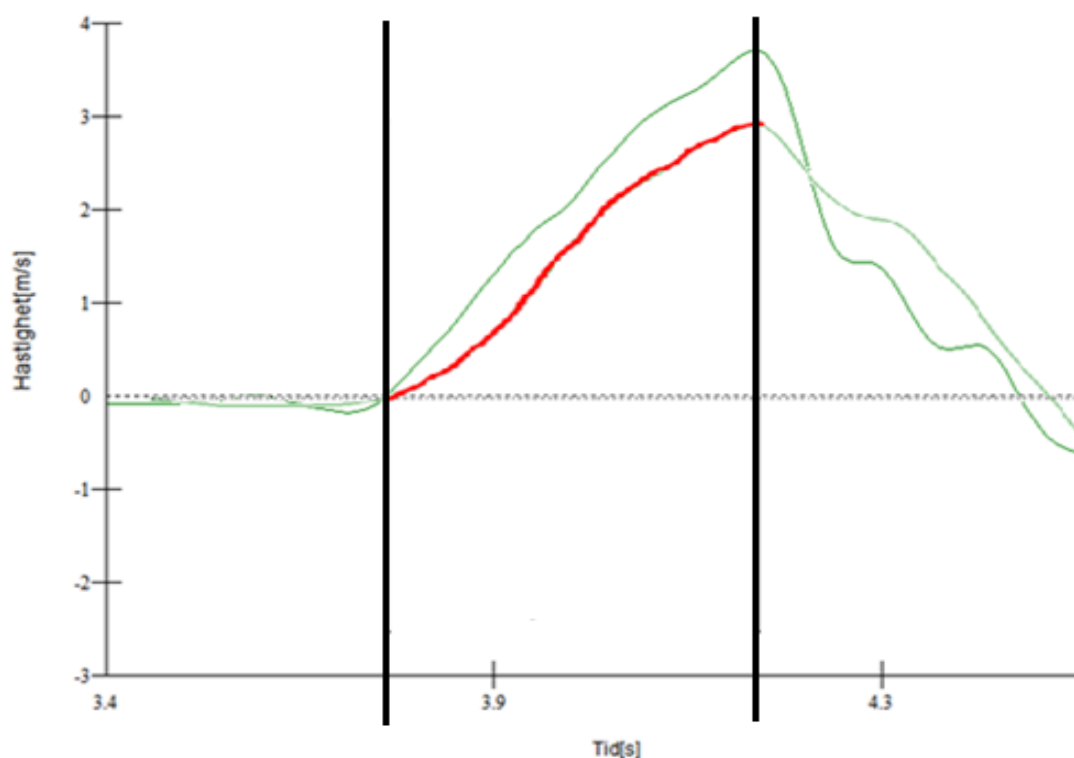
## Resultater

### Hastighetsutviklingen ved forsøk på ulike belastninger

Figur 5-8 viser representative kurver for hastighetsutviklingen for sprintere og styrkeløftere ved knebøy med maksimal konsentrisk innsats uten ytre belastning (BW), 30 %, 60 % og 90 % av 1RM. Ut fra disse kurvene kan vi måle akselerasjonen, maksimal hastighet og tid fra start til ulike hastigheter. Ved å derivere hastighetskurven får vi akselerasjonen og dermed kraftutviklingen.

#### Uten ytre belastning (kosteskaft) (BW)

Sprinteren ligger klart over styrkeløfteren fra starten av den konsentriske bevegelsen til maksimal hastighet oppnås. Sprinteren har ca. 1 m/s større maksimal hastighet enn styrkeløfteren. Men begge når maksimal hastighet på samme tidspunkt. Akselerasjonen er relativt jevn under hele bevegelsen.

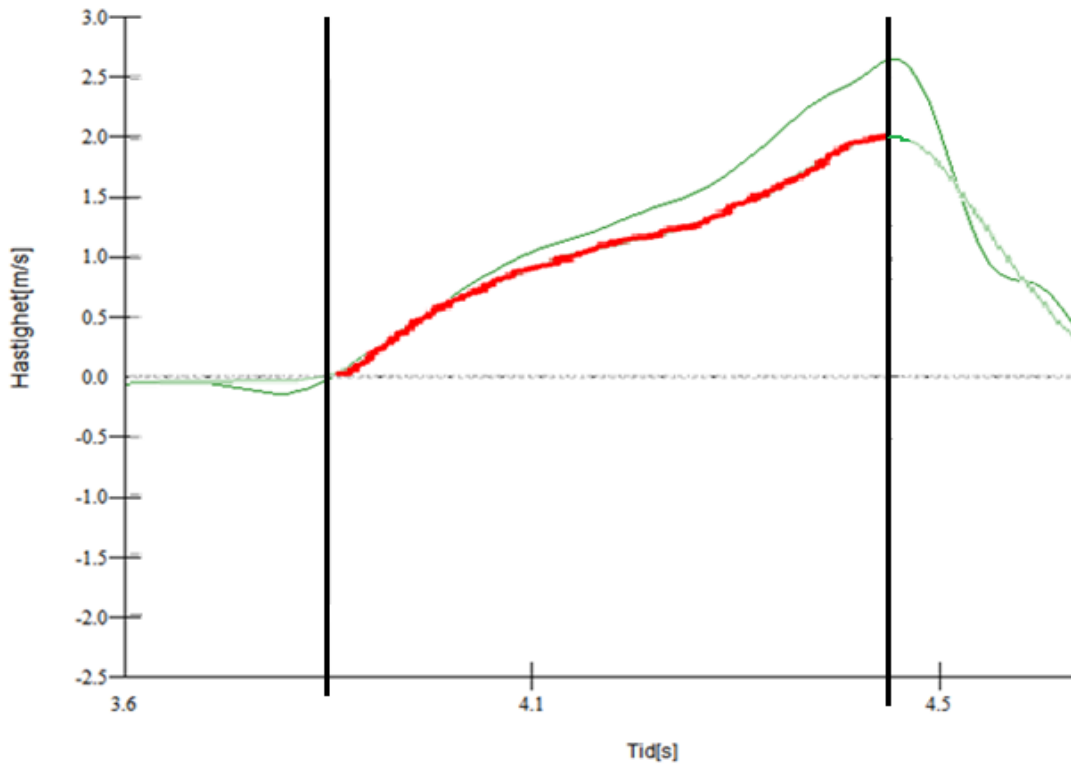


**Fig. 5: Representative hastighetskurver for knebøyløft uten ytre belastning for en sprinter og styrkeløfter. Tykk sort vertikal strek til venstre er starttidspunktet for den konsentriske bevegelsen, tykk sort vertikal strek til høyre er tidspunktet der maksimal hastigheten er nådd. Grønn kurve viser hastigheten hos sprinter, mens rød er hastigheten hos styrkeløfter.**

#### 30 % av 1RM

I starten av bevegelsen har sprinteren og styrkeløfteren samme hastighetsutvikling, men etter relativt kort tid har sprinteren raskere hastighetsutvikling enn styrkeløfteren. Spesielt på slutten av

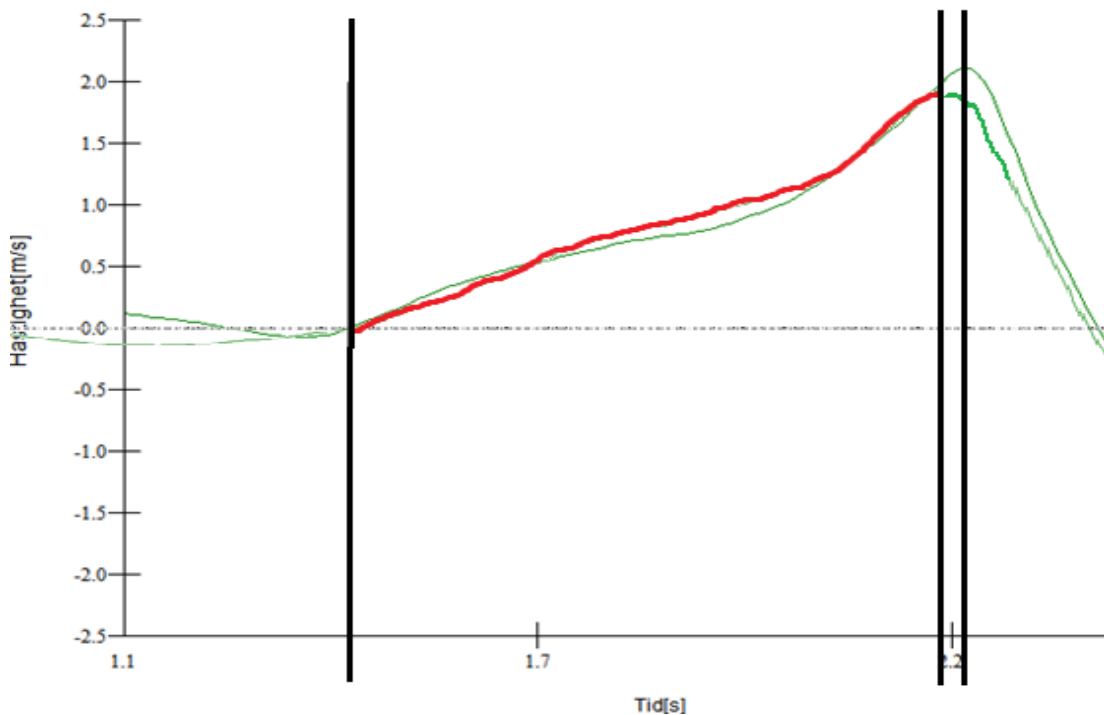
bevegelsen akselererer sprinteren mest. Han oppnår over 0,5 m/s større maksimal hastighet. Men begge bruker like lang tid på å nå sin maksimale hastighet. Akselerasjonen er størst i starten og på slutten av bevegelsen.



**Fig. 6: Representative hastighetskurver for knebøyløft med 30 % av 1RM for en sprinter og styrkeløfter. Tykk sort vertikal strek til venstre er starttidspunktet for den konsentriske bevegelsen, tykk sort vertikal strek til høyre er tidspunktet der maksimal hastigheten er nådd. Grønn kurve viser hastigheten hos sprinter, mens rød er hastigheten hos styrkeløfter.**

## 60 % av 1RM

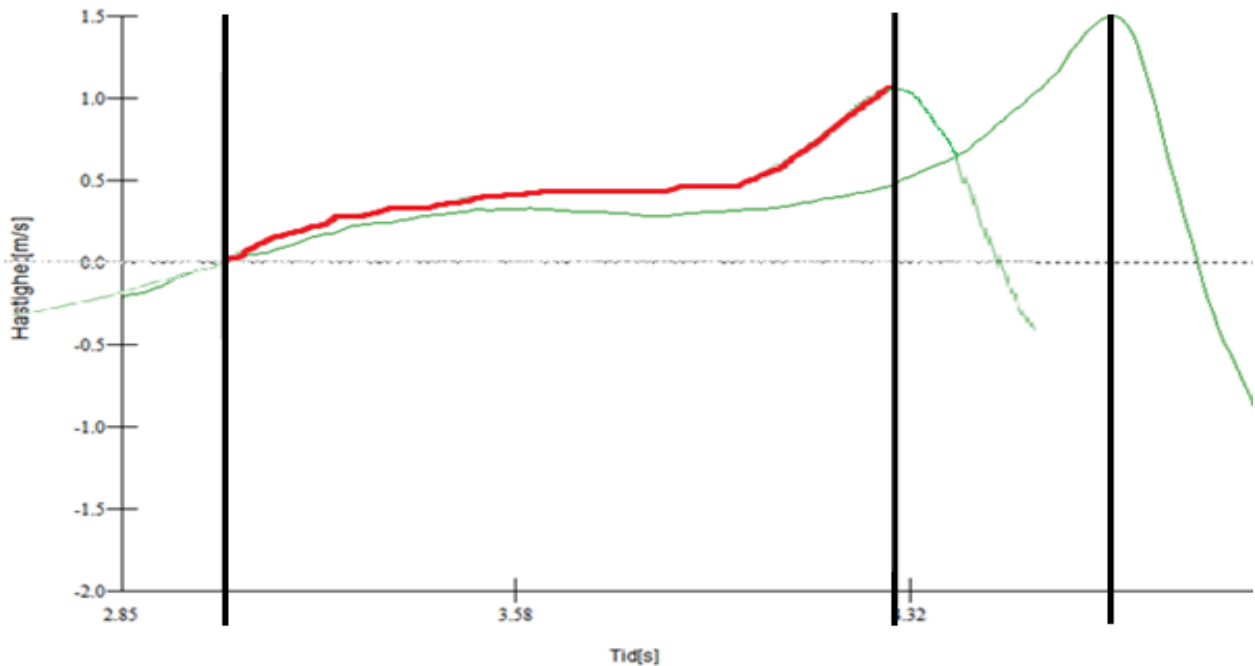
Sprinteren og styrkeløfteren har omtrent samme hastighetsutvikling helt til styrkeløfteren når sin maksimale hastighet, da fortsetter sprinteren å akselerere og når sin maksimale hastighet litt senere. Sprinteren har ca. 0,2 m/s høyere maksimal hastighet enn styrkeløfteren. Sprinteren når sin maksimale hastighet ca. 0,1 sek etter styrkeløfteren. Akselerasjonen er relativt jevn helt til slutten av den konsentriske bevegelsen, da akselerasjonen øker noe for begge utøverne.



**Fig. 7: Representative hastighetskurver for knebøyløft med 60 % av 1RM for en sprinter og styrkeløfter. Tykk sort vertikal strek til venstre er starttidspunktet for den konsentriske bevegelsen, første tykke sorte vertikal strek til høyre er tidspunktet der maksimal hastighet er nådd for styrkeløfter, mens den andre er tidspunktet der sprinter når maksimal hastigheten. Grønn kurve viser hastigheten hos sprinter, mens rød er hastigheten hos styrkeløfter.**

## 90 % av 1RM

Her har styrkeløfteren større hastighet enn sprinteren helt til han når sin maksimale hastighet. Da fortsetter sprinteren å akselerere og oppnår større maksimal hastighet enn styrkeløfteren. Sprinteren når omtrent 0,4 m/s større maksimal hastighet enn styrkeløfteren, men bruker ca. 0,4 sek mer tid på å nå denne hastigheten. På denne kurven ser vi at begge gruppene har en jevn akselerasjon i starten av bevegelsen, og at begge utøverne ikke akselererer midt i løftet (sprinteren mister hastighet). Begge utøverne akselerer mest på slutten av den konsentriske bevegelsen.



**Fig. 8:** Representative hastighetskurver for et knebøyløft med 90 % av 1RM for en sprinter og styrkeløfter. Tykk sort vertikal strek til venstre er starttidspunktet for den konsentriske bevegelsen, første tykke sorte vertikal strek til høyre er tidspunktet der maksimal hastighet er nådd for styrkeløfter, mens den andre er tidspunktet der sprinter når maksimal hastigheten. Grønn kurve viser hastigheten hos sprinter, mens rød er hastigheten hos styrkeløfter.

**Tabell. 3:** Sammenligning av sprintere og styrkeløftere med gjennomsnitt, standardavvik og signifikans.  $P < 0,05$ . \* = signifikante forskjeller mellom gruppene

Variabler	Sprintere	Styrkeløftere	Signifikans
<i>Kroppsvekt (BW)</i>			
Maksimal hastighet (PV) (m/s)	$3,70 \pm 0,36$	$2,83 \pm 0,23$	0,004*
Tid til maksimal hastighet (TPV) (s)	$0,32 \pm 0,06$	$0,41 \pm 0,10$	0,111
Gjennomsnittlig hastighet (AV) (m/s)	$1,98 \pm 0,14$	$1,53 \pm 0,24$	0,008*
Tid til ½ maksimal hastighet (T½PV) (m/s)	$0,14 \pm 0,03$	$0,19 \pm 0,08$	0,210
Hastighet etter 0,1 sek (V01) (m/s)	$1,25 \pm 0,38$	$0,80 \pm 0,40$	0,111
Hastighet etter 0,2 sek (V02) (m/s)	$2,71 \pm 0,44$	$1,75 \pm 0,55$	0,008*



Hastighet etter 0,3 sek (V03) (m/s)	3,14 ± 0,63	2,30 ± 0,70	0,125
Hastighet etter 0,5 sek (V05) (m/s)		2,15 ± 0,00	Ikke mulig å beregne
Tid til maksimal kraft (TPF) (s)	0,17 ± 0,08	0,18 ± 0,15	0,420
Tid til maksimal kraft – tid til maksimal hastighet (TPF-TPV) (s)	0,16 ± 0,08	0,23 ± 0,09	0,048*
<i>30 % av 1RM</i>			
Maksimal hastighet (PV) (m/s)	2,72 ± 0,16	2,37 ± 0,33	0,274
Tid til maksimal hastighet (TPV) (s)	0,54 ± 0,02	0,51 ± 0,05	0,155
Gjennomsnittlig hastighet (AV) (m/s)	1,27 ± 0,02	1,18 ± 0,10	0,274
Tid til ½ maksimal hastighet (T½PV) (m/s)	0,29 ± 0,02	0,25 ± 0,04	0,028*
Hastighet etter 0,1 sek (V01) (m/s)	0,40 ± 0,11	0,52 ± 0,06	0,048*
Hastighet etter 0,2 sek (V02) (m/s)	0,95 ± 0,06	1,00 ± 0,12	0,211
Hastighet etter 0,3 sek (V03) (m/s)	1,40 ± 0,04	1,35 ± 0,25	1,000
Hastighet etter 0,5 sek (V05) (m/s)	2,54 ± 0,27	1,98 ± 0,07	0,125
Tid til maksimal kraft (TPF) (s)	0,41 ± 0,15	0,30 ± 0,22	0,155
Tid til maksimal kraft – tid til maksimal hastighet (TPF-TPV) (s)	0,13 ± 0,17	0,21 ± 0,23	0,274
<i>60 % av 1RM</i>			
Maksimal hastighet (PV) (m/s)	1,97 ± 0,11	1,79 ± 0,30	0,111
Tid til maksimal hastighet (TPV) (s)	0,89 ± 0,12	0,76 ± 0,15	0,048*
Gjennomsnittlig hastighet (AV) (m/s)	0,76 ± 0,09	0,77 ± 0,11	1,000
Tid til ½ maksimal hastighet (T½PV) (m/s)	0,64 ± 0,17	0,47 ± 0,18	0,155
Hastighet etter 0,1 sek (V01) (m/s)	0,19 ± 0,10	0,24 ± 0,12	0,211
Hastighet etter 0,2 sek (V02) (m/s)	0,37 ± 0,12	0,44 ± 0,21	0,111
Hastighet etter 0,3 sek (V03) (m/s)	0,52 ± 0,17	0,63 ± 0,24	0,111
Hastighet etter 0,5 sek (V05) (m/s)	0,75 ± 0,18	0,92 ± 0,29	0,155
Tid til maksimal kraft (TPF) (s)	0,83 ± 0,12	0,72 ± 0,16	0,076
Tid til maksimal kraft – tid til maksimal hastighet (TPF-TPV) (s)	0,06 ± 0,03	0,04 ± 0,02	0,345
<i>90 % av 1RM</i>			
Maksimal hastighet (PV) (m/s)	1,32 ± 0,29	0,90 ± 0,23	0,055
Tid til maksimal hastighet (TPV) (s)	1,62 ± 0,16	1,35 ± 0,28	0,095
Gjennomsnittlig hastighet (AV) (m/s)	0,40 ± 0,07	0,38 ± 0,06	0,207
Tid til ½ maksimal hastighet (T½PV) (m/s)	1,38 ± 0,15	0,90 ± 0,44	0,055
Hastighet etter 0,1 sek (V01) (m/s)	0,12 ± 0,09	0,12 ± 0,07	1,000
Hastighet etter 0,2 sek (V02) (m/s)	0,23 ± 0,12	0,24 ± 0,04	0,143
Hastighet etter 0,3 sek (V03) (m/s)	0,28 ± 0,11	0,29 ± 0,02	0,143
Hastighet etter 0,5 sek (V05) (m/s)	0,27 ± 0,05	0,33 ± 0,05	0,055
Tid til maksimal kraft (TPF) (s)	1,55 ± 0,18	1,03 ± 0,62	0,055
Tid til maksimal kraft – tid til maksimal hastighet (TPF-TPV) (s)	0,07 ± 0,03	0,32 ± 0,46	0,032*

Fig. 9-13 viser gjennomsnittlige verdier for PV, TPV, T½PV, V01 og TPF-TPV i knebøy uten ytre belastning (BW) og 30 %, 60 % og 90 % av 1RM, samt 95 % konfidensintervall. Signifikans P<0,05.

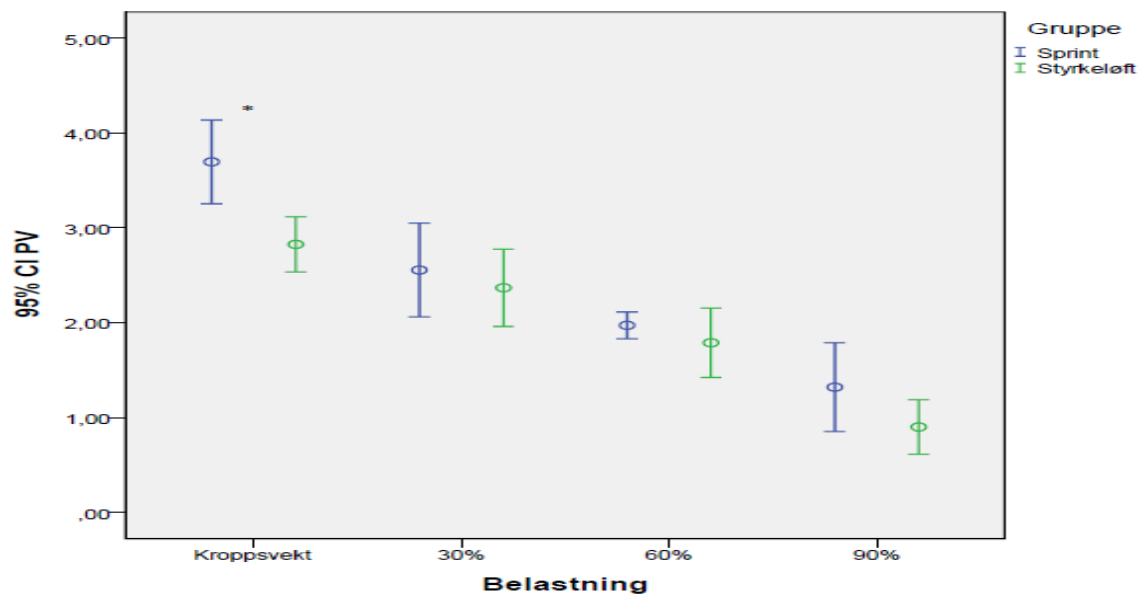


Fig. 9: Gjennomsnittlige verdier og 95 % konfidensintervall for maksimal hastighet på ulike belastninger av 1RM i knebøy for sprintere og styrkeløftere. \* = signifikans (P<0,05).

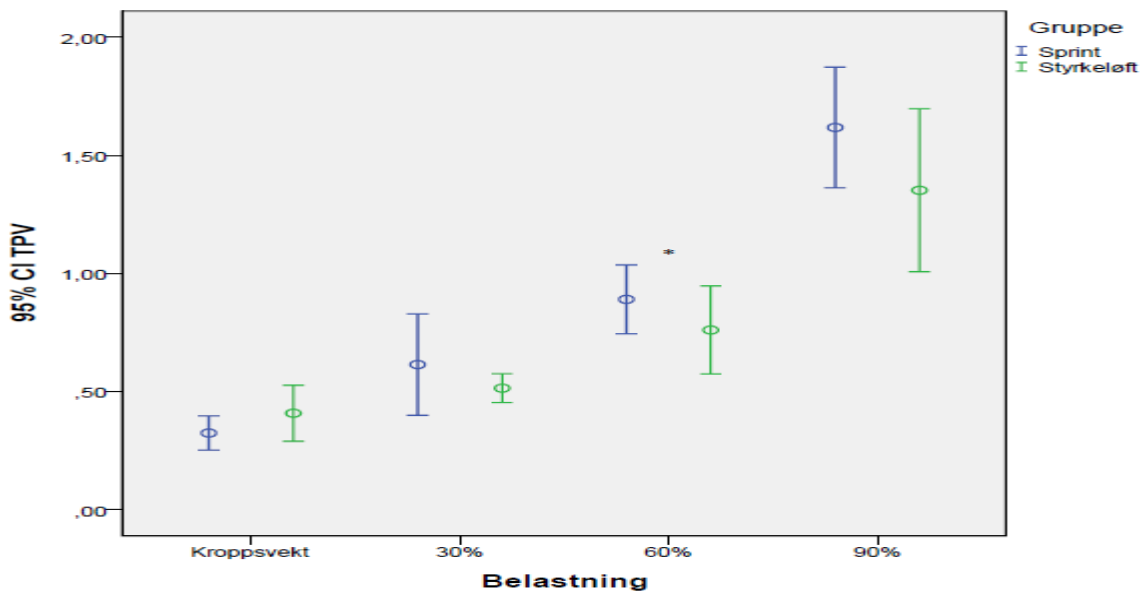


Fig. 10: Gjennomsnittlige verdier og 95 % konfidensintervall for tid til maksimal hastighet på ulike belastninger av 1RM i knebøy for sprintere og styrkeløftere. \* = signifikans (P<0,05).

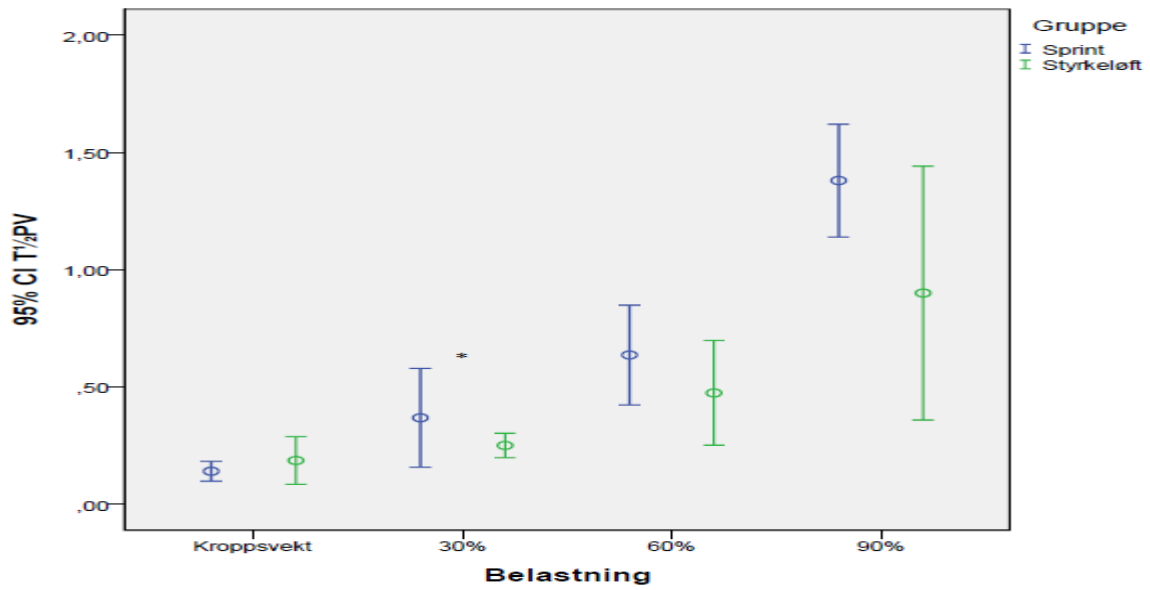


Fig. 11: Gjennomsnittlige verdier og 95 % konfidensintervall for tid til ½ maksimal hastighet på ulike belastninger av 1RM i knebøy for sprintere og styrkeløftere. \* = signifikans (P<0,05).

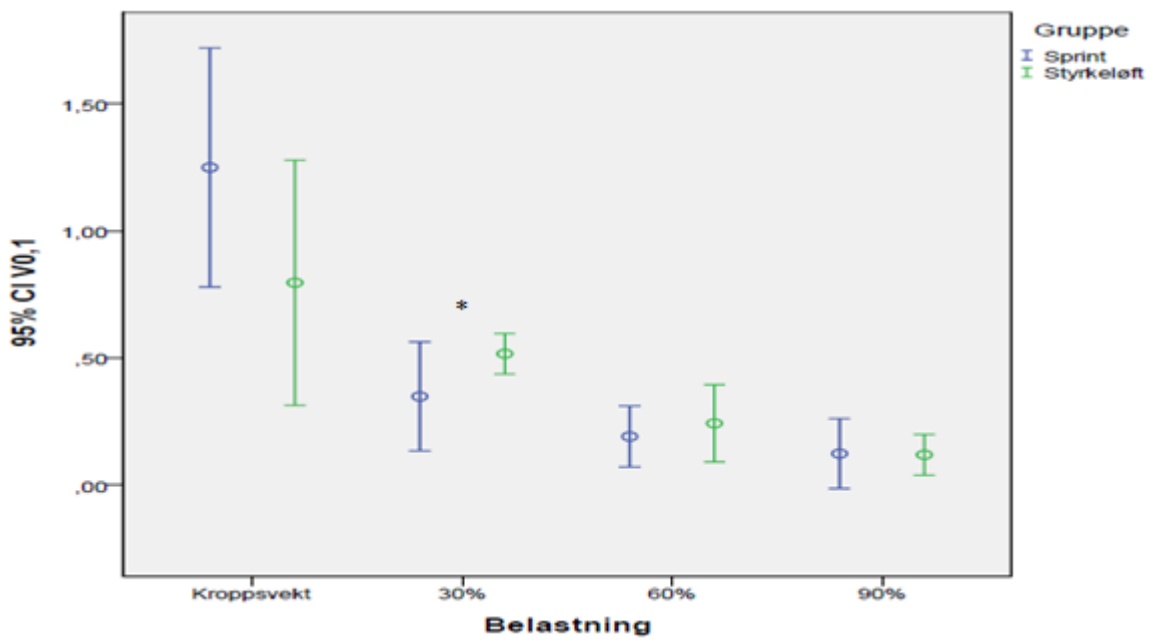
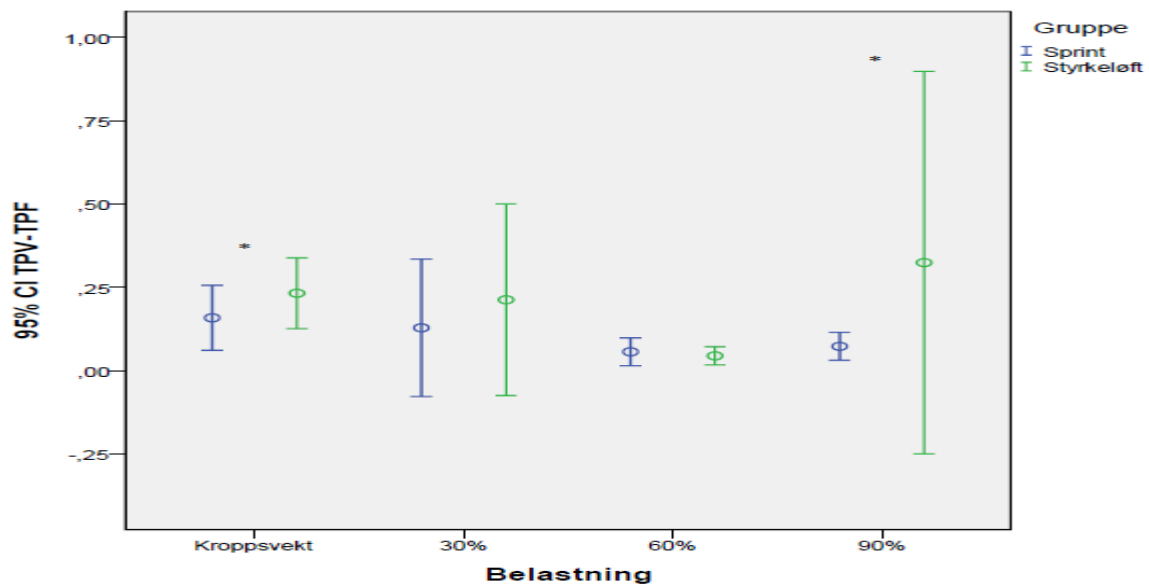


Fig. 12: Gjennomsnittlige verdier og 95 % konfidensintervall for hastigheten etter 0,1 sek etter start av den konsentriske bevegelsen på ulike belastninger av 1RM i knebøy for sprintere og styrkeløftere. \* = signifikans (P<0,05).



**Fig. 13: Gjennomsnittlige verdier og 95 % konfidensintervall for tiden mellom tid til maksimal kraft til tiden til maksimal hastighet på ulike belastninger av 1RM i knebøy for sprintere og styrkeløftere. \* = signifikans (P<0,05).**

## Diskusjon

Målet med denne studien var å finne ut om det er forskjeller mellom sprintere og styrkeløftere i hastighets- og kraftutviklingen på stanga ved knebøy ved ulike vektbelastninger. Hovedfunnene i studien viser at sprintere har en høyere PV (peak velocity) enn styrkeløftere på alle belastningene. Med kroppsvekten som belastning har sprintere høyere hastighet enn styrkeløftere under hele bevegelsen. På 30 % av 1RM har begge gruppene relativt lik hastighet i starten av bevegelsen, men sprintere øker hastigheten mer på slutten av bevegelsen. På 60 % av 1RM har styrkeløftere noe høyere hastighet enn sprintere under store deler av bevegelsen, men sprintere når likevel en høyere PV. På 90 % av 1RM har styrkeløftere høyere hastighet under nesten hele løftet, men også her når sprintere høyere PV til slutt.

## Knebøy uten ytre belastning (BW)

Knebøy uten ytre belastning skilte seg ut da det var det klare forskjeller på de fleste målingene mellom sprintere og styrkeløftere. Sprinterne nådde raskt stor hastighet og hadde en mye høyere PV enn styrkeløftere. Sprintere hadde en PV på 3,70 m/s mot 2,83 m/s for styrkeløftere, noe som var signifikant forskjellig ( $P=0,004$ ). Sprintere hadde en signifikant høyere AV (average velocity) ( $P=0,008$ ), 1,98 m/s mot 1,53 m/s. Etter 0,2 (V02) sek nådde sprintere en hastighet som var neste 1 m/s høyere enn styrkeløftere, 2,71 m/s mot 1,75 m/s. Denne forskjellen var signifikant ( $P=0,008$ ). Etter 0,3 sek (V03) hadde sprintere nådd en hastighet som var høyere enn maksimal hastighet for styrkeløftere (3,14 m/s mot 2,30 m/s). Forskjellen var imidlertid ikke signifikant ( $P=0,125$ ). TPF (time to peak force) var den eneste målingen som gav omtrent likt resultat for gruppene. Sprintere brukte 0,17 sek mot 0,18 for styrkeløftere ( $P=0,42$ ). Differansen mellom TPF og TPV (timen to peak velocity) var signifikant kortere hos sprintere, 0,16 sek mot 0,23 sek ( $P=0,048$ ).

Denne studien viser det samme som Røtting (2009) med henblikk på TPF og TPV på lett belastning: det var ingen signifikante forskjeller mellom styrkeløftere og vektløftere. Her er det samme forholdet mellom styrkeløftere og sprintere. Imidlertid nådde sprintere en signifikant høyere PV enn styrkeløftere. Det kan tyde på at TPF og TPV ikke vil kunne si noe om PV, og det blir vanskelig å konkludere med at gruppene var like raske.

På TPF-TPV fant ikke Røtting signifikant forskjell mellom gruppene, mens i denne studien brukte sprintere signifikant kortere tid mellom TPF-TPV. En må kunne anta det er større forskjell mellom sprintere og styrkeløftere enn vektløftere og styrkeløftere, og at dette kan være årsaken til at sprintere bruker kortere tid mellom TPF-TPV.

Resultatene fra denne studien støttes av McBride et. al, (1999) som viste at sprintere hadde høyere PV med 3,17 m/s mot 2,83 m/s for styrkeløftere.

Trening med ingen annen motstand enn kroppsvekt har vist seg å ha positiv effekt på evnen til å utvikle maksimal effekt (Adam et al., 1992; Häkkinen et al., 1985; Wilson et al., 1993). Sprintere trener ofte med et bredt spekter av belastningsområder og trening med lett eller moderat motstand gir fremgang i evnen til å bevege seg hurtig (Häkkinen et al., 1985 og Wilson et al., 1993).

For å nå maksimal kraft raskt er raskt stigningen av kraften starten av en muskelaksjon (RFD, "rate of force development") viktig (Raastal et al., 2010). Sprintløp setter store krav til å utvikle stor kraft på kort tid med kroppsvekt som belastning. En sprinter har ca 0,3 sek til å utvikle kraft i startblokk, mens de har en kontakttid på bakken på ca. 0,1 sek i maksimalhastighetsfasen (Andersson & Alnes, 1994). En styrkeløfter trener som regel med vekter over 80 % av 1RM og bruker som regel 1-3 sekunder på den konsentriske fasen (Schilling, Falvo, & Chiu, 2008). Å hoppe uten annen belastning enn kroppsvekt er en vanlig treningsmetode for sprintere, men brukes sjelden av styrkeløftere. Dette vil antakelige være en viktig forklaring på våre funn.

### **Knebøy med 30 % av 1RM**

Med denne belastningen akselererte styrkeløftere raskere i starten enn sprintere. De nådde  $\frac{1}{2}$ PV ( $\frac{1}{2}$ peak velocity) på 0,25 sek mot sprintere på 0,29 sek, som var signifikant raskere ( $P=0,028$ ). Etter 0,1 sek hadde styrkeløftere signifikant større hastighet med 0,52 m/s mot 0,40 m/s ( $P=0,048$ ). Men etter 0,3 sek hadde sprintere nådd større hastighet enn styrkeløftere og etter 0,5 sek var hastigheten til sprintere 0,56 m/s større enn styrkeløfteren. Men dette var ikke signifikante forskjeller.

Styrkeløftere nådde PF (peak force) og PV raskere enn sprintere, men sprintere hadde større PV og kortere tid mellom TPF og TPV. Heller ikke disse forskjellene var signifikante.

Røtting (2009) deler sine belastninger inn i lett, middels og tung. Vår 30 % av 1RM vil vi sammenligne med resultatene på hans kategori 'lett'. Som vi så på BW, fant ikke Røtting signifikante forskjeller på noen av sine parametere ved lett belastning. I vår studie fant vi heller ikke signifikante forskjeller på TPF, TPV og TPF-TPV på denne belastningen. Her hadde heller ikke sprintere signifikant større PV.

Vi ser imidlertid stor forskjell på belastningen 30 % i forhold til BW. Med belastningen 30 % av 1RM er styrkeløftere litt raskere i startfasen av løftet. Hos McBride et al. (1999) har styrkeløftere en noe høyere, men ikke signifikant høyere PV enn sprintere på 30 % av 1RM. Den klassiske Hill-kurven viser at det utvikles mindre kraft jo større hastigheten er (Raastad et al., 2010). Vi ser at styrkeløftere tidlig i løftet har nådd større hastighet enn sprintere, men fra 0,3 sek akselererer sprintere raskere.

Hastigheten er lavere tidlig i løftet. Da vil sannsynligvis styrkeløftere få brukt mer av sin maksimale styrke, men etter hvert som hastigheten øker, greier de ikke å produsere nok kraft til å øke hastigheten like mye som sprintere. Studier har vist at hurtige muskelfibre utvikler større kraft på

store hastigheter i forhold til utholdende muskelfibre, men på lave hastigheter utvikler de omtrent samme kraft per arealenhet. McArdle et al. (2000) har vist at sprintere har en større prosentandel hurtige fibre en utøver fra styrkeidretter. Dette kan også være en faktor som kan forklare hvorfor styrkeløftere utvikler størst kraft i starten av bevegelsen, dvs når hastigheten er lavest, men greier ikke å følge med sprintere når hastigheten øker.

### **Knebøy med 60 % av 1RM**

Her er forskjellene mellom de to gruppene ikke så store og bare der styrkeløftere når TPV på 0,76 sek mot sprintere på 0,89 sek er det signifikant forskjell mellom gruppene ( $P=0,048$ ). Styrkeløftere har større hastighet til og med 0,5 sek etter starten av den konsentriske bevegelsen, har kortere TPF og kortere tid mellom TPF og TPV, men sprintere ender opp med den største PV.

På middels belastning viste studien til Røtting (2009) ingen signifikant forskjell mellom styrkeløftere og vektløftere på TPF. Men på TPV og TPF-TPV var styrkeløftere signifikant raskere enn vektløftere. I vår studie har styrkeløftere signifikant kortere TPV, men likevel har sprintere den høyeste PV.

Flere studier viser at maskimal styrketrening gir økt maksimal effekt ( $W$ ) (Zaciorskij, 1977; Wilson et al., 1993; Adams et al., 1992). For styrketrente individer er det vanlig å oppnå størst effekt ved en belastning fra 40-65 % av 1RM (Cormie, McBride, & McCaulley, 2008). Det er tenkelig at styrkeløftrernes trening med høy belastning har økt deres evne til å utvikle stor effekt på 60 % av 1RM fordi dette er belastningsområdet der det utvikles størst effekt.

Ifølge McBride et al. (1999) hadde styrkeløftere og sprintere samme PV på 60 % av 1RM. Vår studie viser at styrkeløftere har en litt høyere hastighet enn sprintere under nesten hele bevegelsen. Den konsentriske bevegelsen tar relativt lang tid å gjennomføre (ca. 0,8sek) og belastningen begynner å nærme seg vanlige treningsvekter for styrkeløftere (Schilling et al., 2008). Hastigheten ved denne belastningen er relativt lav og kan overføres til Hill-kurven der det er lettere å produsere stor kraft på lav hastighet. Styrkeløftere får bruke sin maksimale styrke under store deler av bevegelsen, og det er bare på slutten at hastigheten er så stor at sprintere øker mer i hastighet. Med såpass lav hastighet vil det ikke være en fordel for sprintere om de har en større andel hurtige fibre. Dette skyldes sannsynligvis at de utholdende fibre greier å utvikle nesten like stor kraft som de hurtige ved denne hastigheten.

### **Knebøy med 90 % av 1RM**

Også med denne belastningen er det få store og signifikante forskjeller mellom gruppene. Det er bare på tid mellom TPF og TPV forskjellen er signifikant ( $P=0,032$ ). Men likevel er det flere interessante forskjeller her. Helt til V05 (velocity at 0,5 sek) har begge gruppene omtrent samme

hastighet. Men vi ser at styrkeløftere når T½PV (time to ½ peak velocity), TPF og TPV på henholdsvis 0,48 sek, 0,52 sek og 0,27 sek kortere tid enn sprintere. Styrkeløftere når TPF 0,32 sek før de når TPV, mens sprinter når TPF bare 0,07 sek før TPV.

Også på tung belastning finner Røtting (2009) i sin studie at det ikke er signifikante forskjeller mellom styrkeløftere og vektøftere på TPF, men på TPV og TPF-TPV. I vår studie er det ikke signifikant forskjell mellom sprintere og styrkeløftere på TPF ( $P=0,055$ ), men tidsmessig er differansen stor da styrkeløftere når TPF 0,52 sek før sprintere. Ved denne belastningen ser vi at styrkeløftere når PF tidlig sammenlignet med sprintere, noe som fører til at sprintere får kort tid mellom PF og PV. Røtting finner at styrkeløftere som har korteste TPF-TPV også har kortest TPV. I vår studie er det motsatt; sprintere har signifikant kortere TPF-TPV, men har betydelig (men ikke signifikant,  $P=0,055$ ) lengre TPV. Det kan være flere årsaker til dette. Styrkeløftere kan være sterkest i første delen av løftet som er tyngst pga. av lang vektarm og der de er vant med å bruke mest kraft. De greier imidlertid ikke å skape nok kraft i den letteste delen av løftet til å oppnå PF. I motsetning til styrkeløftere fullfører sprintere og vektøftere ofte sine bevegelser med maksimal innsats til de har strukket ut i hofte-, kne- og ankelledde når de trener. Det kan være årsaken til at de skaper PF seint i bevegelsen.

I studien til McBride et al. (1999) oppnådde også sprintere den høyeste PV på 90 % av 1RM, men forskjellen var relativt liten og ikke signifikant. Toji, Suei, & Kaneko (1997) gjorde et forsøk med to grupper: den ene trente armbøyer med liten belastning og stor hastighet, den andre trente med både liten og stor belastning. Her så man klart at gruppen som hadde trent på tung belastning i tillegg til lett, oppnådde større hastighet med tunge belastninger og samme hastighet som den andre gruppen ved lette belastninger. Vi kan tenke oss at styrkeløftere ville ligge mer markant over sprintere i hastighet på starten av bevegelsen. En slik konklusjon støttes av resultatene på 60 % der styrkeløftere hadde litt høyere hastighet enn sprintere helt til slutten av bevegelsen. Men styrkeløftere og sprintere har omtrent samme hastighet på 90 % fram til V05 og skiller seg klart fra BW da sprintere hadde klart større fart i startfasen. Dette stemmer også med Hills-kurven da 90 % av 1RM begynner å nærme seg maksimal konsentrisk kraftutvikling. Ved hastigheter som nærmer seg isometrisk kraftutvikling vil sannsynligvis ikke de hurtige egenskapene type 2 fibre har, hjelpe sprintere å utvikle større hastighet enn styrkeløftere.

Hvorfor når sprintere høyere PV enn styrkeløftere på denne tunge belastningen? En forklaring kan være at hastigheten er størst i slutfasen av løftet, og den er såpass stor at sprintere får brukt hastigheten sin. Ved slutten av bevegelsen vil vektarmen være så liten at du utvikle størst kraft og akselerere stanga opp til den største hastigheten. Alle deltakerne ble bedt om å løfte så hurtig som



mulig helt til tærne forlot bakken på alle belastningene. Det ble poengtert viktigheten av full innsats under hele bevegelsen. Enkelte styrkeløftere antydte imidlertid at de var redde for å skade ryggen når de landet, Det ble prøvd å betrygge dem med at de ikke lettet spesielt fra bakken, og at de kunne dempe landingen ved gi etter. Men ut i fra observasjoner av styrkeløftere under forsøkene med de tyngste vektene så det ut til at flere av dem ikke hadde full innsats i slutten av bevegelsen for ikke å forlate bakken.

## Antropometriske forhold

I denne studien er styrkeløftere i gjennomsnitt 4,6 cm lavere enn sprintere. Eventuelt kortere lårbein gjør at de får en kortere momentarm og får et mindre dreiemoment. Effekten av kortere momentarm vil avta etter hvert som knærne rettes ut. Det kan forklare at styrkeløftere presterer bedre sammenlignet med sprintere i den første delen av bevegelsen, men har alltid lavest hastighet på slutten da PV oppnås. Kort momentarm vil også kunne føre til at løftet vil ta kortere tid, som igjen vil prege alle data. Dette er en faktor som bør studeres i nye forsøk.

Styrkeløftere veier i gjennomsnitt 10,26 kg mer enn sprintere. På BW veier styrkeløftere 14 % mer enn sprintere, men på gjennomsnittlig vekt for begge gruppene på 90 % av 1RM er styrkeløftere bare 5 % tyngre enn sprintere. Det kan være en av årsakene til at styrkeløftere ligger klart under hastigheten til sprintere på BW, men ikke på 90 %.

## Feilkilder

Det ble satt noen krav til utførelsen av løftet. Ved testen av 1RM ble deltakerne instruert i å gå ned til forsiden av lårene, ved omdreiningspunktet i hofta skulle være litt lavere enn det høyeste punktet på kneet. Dette var rimelig lett å kontrollere og det er sannsynligvis lite feil her. Deltakerne fikk ha sin egen oppvarmingsprosedyre før 1RM ble testet. Alle sa at de hadde testet 1RM før, men her kan feilkilder ligge. Det er ikke sikkert at alle var nok rutinert til at oppvarmingen fikk fram deres rette 1RM. Finner du ikke rett 1RM vil det «forplante» seg til resten av forsøket. Alle løft utenom BW vil da gi feil resultat. Sjansen for at dette har skjedd er liten, men det vil være en stor feilkilde i så fall.

Det var ikke alltid like lett for deltakerne å finne riktig dybde under den eksplosive knebøyen. Var heller ikke lett for testleder å se om de satt i riktig stilling. Enkelte forsøk måtte tas på nytt. Feil her vil kunne føre til en del feil testresultater, spesielt for TPF og TPV. Gikk deltakeren for dypt vil løftet ta for lang tid og visa versa.

Styrkeløftere er ikke vant med å utføre løft på lette vekter så hurtig som mulig, enkelte uttrykte frykt for skader ved denne eksplosive utførelsen. Det er ikke lett å kontrollere om deltakerne utførte løftet

med maksimal innsats. Testleder oppmuntret deltakerne til full innsats og ingen sa at de ikke gjorde det, men ved så tilfelle vil det også være en betydelig feilkilde.

## Konklusjon

Målet med denne studien var å finne ut hvilke forskjeller det er mellom sprintere og styrkeløftere på hastighets- og kraftutvikling på stanga ved knebøy med ulike vektbelastninger.

Knebøy uten ytre belastning skilte seg ut ved at var det klare forskjeller på de fleste målingene mellom sprintere og styrkeløftere. Sprinterne nådde raskt stor hastighet og hadde en mye høyere PV enn styrkeløftere.

På 30 % av 1RM kom styrkeløftere raskere opp i hastighet enn sprintere. Men etter 0,3 sek hadde sprintere nådd større hastighet enn styrkeløftere og herfra økte de hastigheten mer enn styrkeløftere.

På 60 % av 1RM er forskjellene mellom de to gruppene ikke så store. Bare resultatet der styrkeløftere har kortest TPV er signifikant. Styrkeløftere har større hastighet til og med 0,5 sek etter starten av den konsentriske bevegelsen, men sprintere ender opp med den største PV.

På den tyngste belastningen, 90 % av 1RM er det få store og signifikante forskjeller mellom gruppene. Det er bare tiden mellom TPF og TPV forskjellen er signifikant, her bruker sprintere kortest tid. Men likevel er det flere interessante funn som gir grunnlag for videre studier. Helt til V05 har begge gruppene omtrent samme hastighet. Men etter det ser vi at styrkeløftere akselererer raskere enn sprintere og når  $T\frac{1}{2}PV$ , TPF og TPV på kortere tid. Sprintere når likevel størst PV. En mulig forklaring er at styrkeløftere ikke ga full innsats helt ut. Det så ut som de reduserte innsatsen på slutten for ikke å forlate bakken.

Den største hastigheten kommer på slutten av bevegelsen for begge gruppene, men sprintere når alltid den største hastighet her. Det er flere mulige årsaker til dette. Det kan forklares ut i fra måten de to gruppene trener på. En styrkeløfter trener som regel med vekter over 80 % av 1RM, bruker som regel lang tid på sine løft og har sjelden maksimal innsats på slutten av løftet. Sprintere trener ofte uten annen belastning enn kroppsvekt noe som gir stor hastighet under hele løftet. De fullfører som regel også bevegelsen med maksimal innsats.

Muskelfibertype kan også være en faktor som kan forklare hvorfor styrkeløftere utvikler størst kraft i starten av bevegelsen når hastigheten er lavest, men greier ikke å følge med sprintere når hastigheten går opp. Studier har vist at sprintere har en større prosentandel hurtige fibre enn utøvere fra styrkeidretter. Hurtige muskelfibre utvikler større kraft på store hastigheter sammenlignet med utholdende muskelfibre, men på lave hastigheter utvikler de omtrent samme kraft per arealenhet.

Denne studien indikerer at vekttrening bør tilpasses kravene til idretten du driver på med setter til hastighets- og kraftutvikling. Ut fra det faktum at styrkeløftere viser størst kraftutvikling på lave hastigheter, mens sprintere hadde størst kraftutvikling på de høyeste hastighetene, bør man trene spesifikt mot den idretten man driver på med.

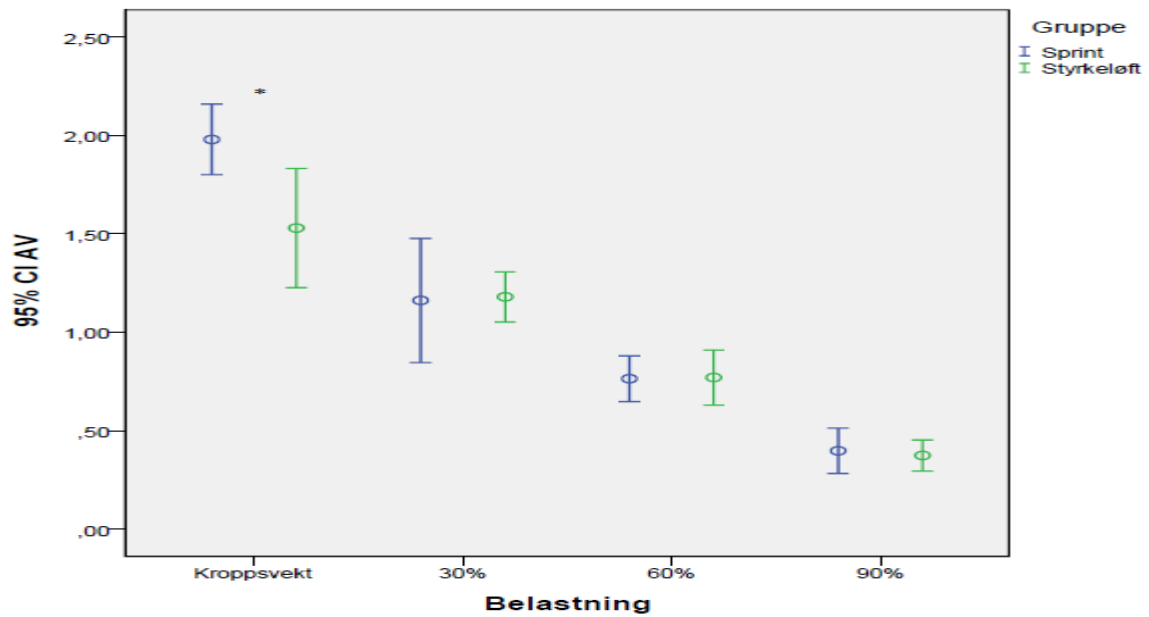
## Litteraturliste

- Theory Of Athletic Power Production. (2011). *K2 Fitness*, [http://www.k2fitness.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=35](http://www.k2fitness.net/index.php?option=com_content&view=article&id=35) (Hentet: 12.11.2011).
- Aagaard, L., & Andersen, P. (2006). Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. *Eur J Appl Physiol* , ss. 96: 46–52.
- Aagaard, P., Simonsen, E., Andersen, J., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol*, ss. 93:1318-1326.
- Adams, K., O'Shea, K., O'Shea, L., & Climstein, M. (1992). The effect of squat, plyometrics and squat-plyometric training on power production. *Appl Sport Sci Res* , ss. 6:36-41.
- Allen, M., Hakkinen, K., & Komi, P. (1984). Changes in neuromuscular performance and muscle activation level and muscle fiber characteristics of elite power athletes self-administrating androgenic and anabolic steroids. *Acta Physiol. Scand*, ss. 122:535-544.
- Andersen, J., Klitgaard, H., & Saltin, B. (1994). Myosin heavy chain isoforms in single fibres from m. vastus lateralis of sprinters: influence of training. *Acta Physiol Scand* , ss. 151,135-142.
- Andersson, H. (1992). *Sprinting à la Sundsvall*. Oslo: Friidrettens trenerforening.
- Andersson, H., & Alnes, L. (1994). *Analys av sprintlöpare med olika kapacitet*. Farsta: Sveriges Olympiska Kommittè.
- Bobbert, M., & Van Soest, A. (1994). Effect of muscle strengthening on vertical jump height: A simulation study. *Med Sci Sports Exerc* , ss. 26:1012-1020.
- Bompa, T. (1999). *Periodization training for sports*. Human Kinetics.
- Cormie, P., McBride, J., & McCaulley, G. (2008). Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis during the jump squat: impact of load. *J Appl Biomech*, ss. 24(2):112-20.
- Cronin, J. B., & Hansen, K. T. (2005). STRENGTH AND POWER PREDICTORS OF SPORTS SPEED. *Journal of Strength and Conditioning Research*, ss. 19(2), 349–357.
- Delecluse, C. (1997). Influence of Strength Training on Sprint Running Performance. *Sports. Med*, ss. 24(3): 147-156.
- Donati, A. (1996, September). The association between the development of strength and speed. *New studies in athletics*, ss. 51-588p.
- Driss, T., Vandewalle, H., Quièvre, J., Miller, C., & Monod, H. (2001 ). Effects of external loading on power output in a squat jump on a force platform: a comparison between strength and power athletes and sedentary individuals. *J Sports Sci.* , ss. 19(2):99-105.

- Enoksen, E., Tønnesen, E., & Tjelta, L. I. (2007). *Styrketrening- i individuelle idretter og ballspill*. Oslo: Høyskole Forlaget.
- Fleck, S., & Kraeme, W. (2004). *Designing resistance training programs 3rd ed*. Human Kinetics.
- Hakkinen, K. (1994). Neuromuscular adaption during strengthtraining, aging, detraining and immobilization. *Rev Phys Rehabil Med* , ss. 6:161-198.
- Harrison, A., & Bourke, G. (2009). The effect of resisted sprint training on speed and strength performance in male rugby players. *J Strength Cond Res*, ss. 23(1):275-83.
- Häkkinen, K., Komi, P., & Alén, M. (1985). Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiol Scand*, ss. 125(4):587-600.
- Jansson, E., Esbjornsson, M., Flolm, I., & Jacobs, I. (1990). Increase in the proportion of fast-twitch muscle fibres by sprint training in males. *Acta Physiol Scand*, ss. 140, 359-363.
- Kuznesow, W. (1972). *Kraftvorbereitung. Theoretische Grundlagen der Muskelkrafientwckklung*. Berlin: Sportsverlag.
- Lesund, P. (2000). *Effekten av maksimal styrketrening i knebøy for atferden til fotballspillere*. Trondheim Masteroppgave : Department of Sport Sciences Norwegian University of Science and Technology.
- Letzelter, H., Letzelter, M., & Steinmann, W. (1986). *Krafttraining. Theorie. Methoden. Praxis*. Reinbek: Rowohlt.
- Mann, R. (2011). *The Mechanics of Sprinting and Hurdling*. Ralph Mann, Ph.D.
- Markovic, G., Jukic, I., Milanovic, D., & Metikos, D. (2007). Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *J Strength Cond Res*, ss. 21(2):543-9.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2000). *Essentials of Exercise Physiology*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- McBride, J., McBride, T., Davie, A., & Newton, R. (1999). A Comparison of Strength and Power Characteristics Between Power Lifters, Olympic Lifters, and Sprinters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, ss. 13(1), 58–66.
- Olympiatoppen. (2011). *Økt og ukeplaner for 100 - og 200m, hentet 26.2.2011 fra [http://www.olympiatoppen.no/fagavdelinger/trening/treningsplanlegging/utviklingstrapper/friidrett/korte\\_loep/100m\\_og\\_200m/uke\\_og\\_oektplaner/media3646.media](http://www.olympiatoppen.no/fagavdelinger/trening/treningsplanlegging/utviklingstrapper/friidrett/korte_loep/100m_og_200m/uke_og_oektplaner/media3646.media)*. Oslo: Olympiatoppen.
- Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P.-E., & Wisnes, A. (2010). *Styrketrening - teori og praksis*. Oslo: Gyldendal.
- Rippetoe, M., & Kilgore, L. (2007). *STARTING STRENGTH - Basic Barbell Training*. The Aasgaard Company.

- Røtting, A. (2009, Mai). *Trege styrkeløftere og kjappe vektløftere – realitet eller myte?* Levanger Masteroppgave: Høgskolen i Nord-Trøndelag.
- Samdal, S. (2000). *Maximal strength training effects on work economy in well trained male distance runners*. Masteroppgave Trondheim: Department of sport sciences faculty of social science and technology management norwegian university of science and technology.
- Schilling, B., Falvo, M., & Chiu, L. (2008). Force-velocity, impulse-momentum relationships: Implications for efficacy of purposefully slow resistance training. *Journal of Sports Science and Medicine*, ss. 7, 299-304.
- Simmons, L. (2007). *THE WESTSIDE BARBELL BOOK OF METHODS*. Louie Simmons.
- Toji, H., Suei, K., & Kaneko, M. (1997). Effects of Combined Training Loads on Relations Among Force, Velocity, and Power Development. *Canadian Journal of Applied Physiology*, ss. 22(4): 328-336, 10.1139/h97-021.
- Van Cutsem, M., Duchateau, J., & Hainaut, K. (1998). Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *J Physiol*, ss. 15;513 ( Pt 1):295-305.
- Vanezis, A., & Lees, A. (2005). A biomechanical analysis of good and poor performers of the vertical jump. *Ergonomics*, ss. Vol. 48, Nos. 11 – 14, 1594 – 1603.
- Wilson, G., Murphy, A., & Giorgi, A. (1996). Weight and plyometric training: effects on eccentric and concentric force production. *Can J Appl Physiol*, ss. 21(4):301-15.
- Wilson, J., Newton, R., Murphy, A., & Humphries, B. (1993). The optimal training load for development of dynamic athletic performance. *Med Sci Sports Exerc*, ss. 25(11):1279-1286.
- Wisløff, U. C. (2004, Jun). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med*, ss. 285–288.
- Wolf, D. (2011). *Treningsprogram utviklet av idrettsfaglig rådgiver, Dietmar Wolf*. Hentet 25.2.2011 fra <http://styrkeloft.no/treningsprogram>. Oslo: Styrkeloft.no.
- Zaciorskij, V. (1977). *Der körperlichen eigenschaften des sportlers*. Berlin: Verlag Bartels & Wernitz.

## Appendix



Gjennomsnittlige verdier og 95 % konfidensintervall for gjennomsnittlig hastighet på ulike belastninger av 1RM i knebøy for sprintere og styrkeløftere. \* = signifikans (P<0.05)

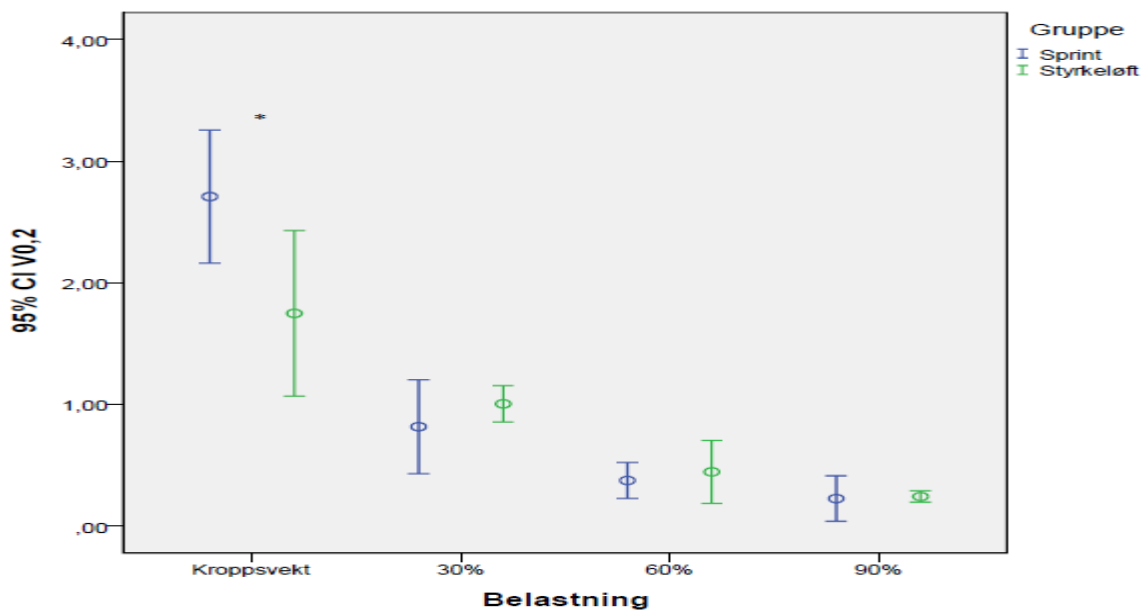
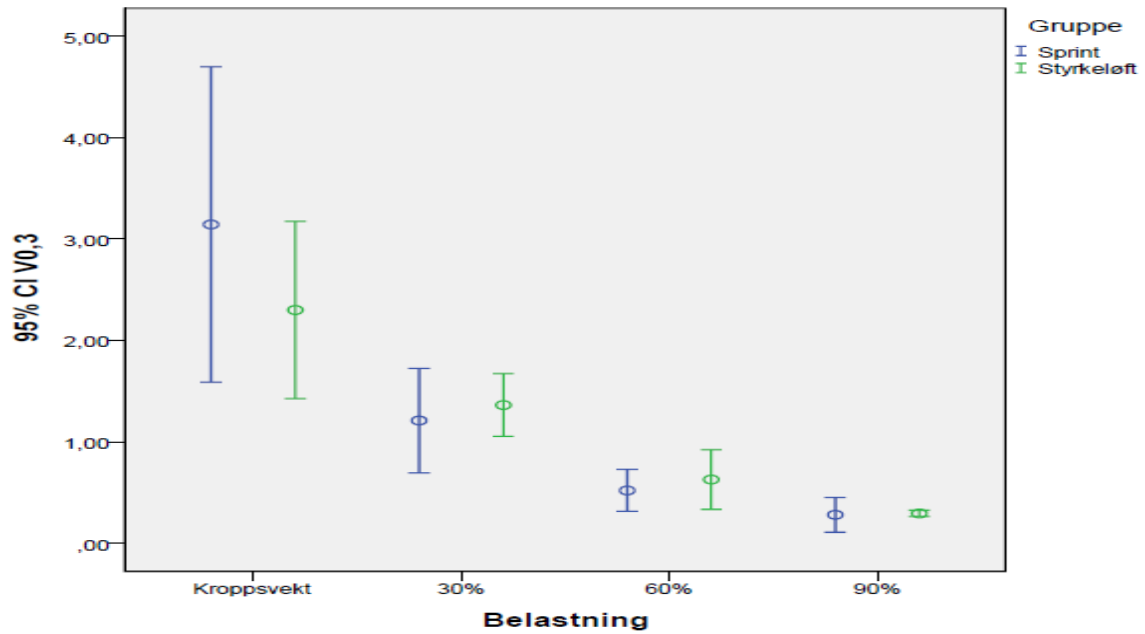
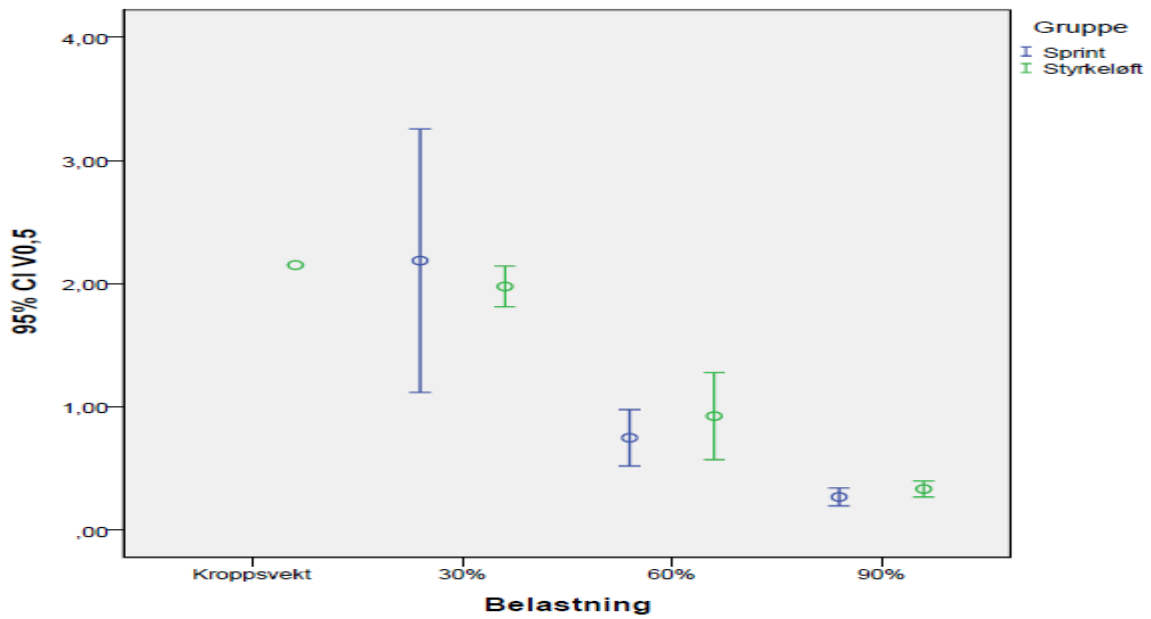


Fig. 12: Gjennomsnittlige verdier og 95 % konfidensintervall for hastigheten etter 0,2 sek etter start av den konsentriske bevegelsen på ulike belastninger av 1RM i knebøy for sprintere og styrkeløftere. \* = signifikans (P<0.05)

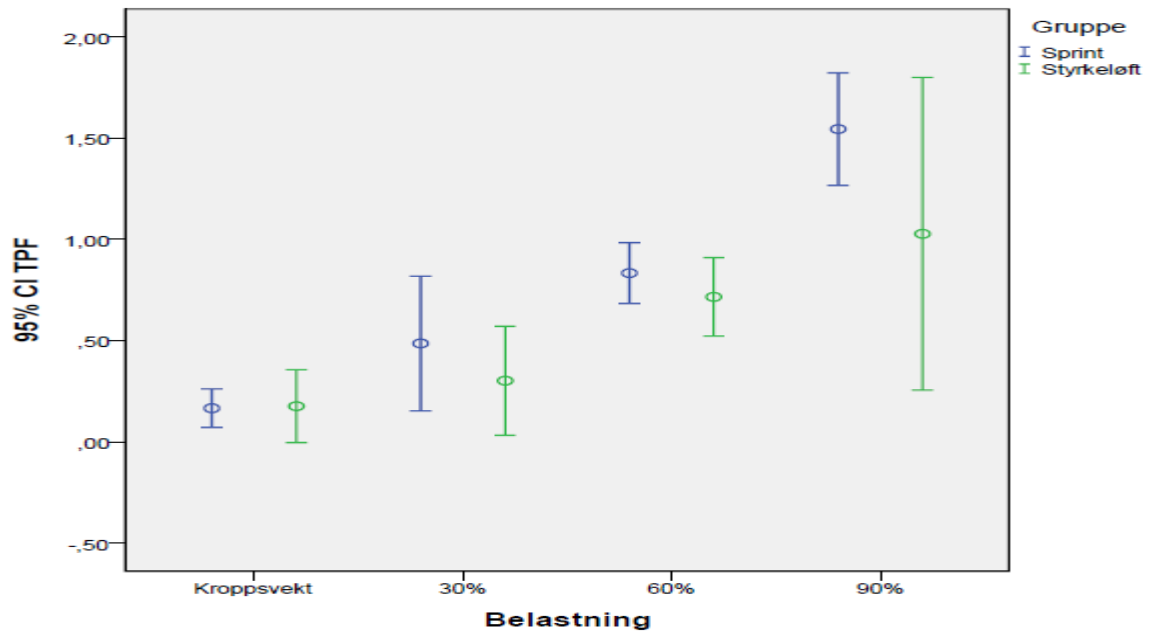




Gjennomsnittlige verdier og 95 % konfidensintervall for hastigheten etter 0,3 sek etter start av den konsentriske bevegelsen på ulike belastninger av 1RM i knebøy for sprintere og styrkeløftere.



Gjennomsnittlige verdier og 95 % konfidensintervall for hastigheten etter 0,5 sek etter start av den konsentriske bevegelsen på ulike belastninger av 1RM i knebøy for sprintere og styrkeløftere.



**Fig. Gjennomsnittlige verdier og 95 % konfidensintervall for tid til maksimal kraft på ulike belastninger av 1RM i knebøy for sprintere og styrkeløftere.**