



# Bachelorgradsoppgave

Muskelaktivitet i knebøy med høy- og lav stangplassering

Muscle-activity in high-bar and low-bar, barbell back squat

Tor Endre Sved

KIF 350

Bachelorgradsoppgave i kroppsøving og idrett

Lærerutdanning  
Høgskolen i Nord-Trøndelag - 2014



**HINT**

# SAMTYKKE TIL HØGSKOLENS BRUK AV KANDIDAT-, BACHELOR- OG MASTEROPPGAVER

**Forfatter(e):** Tor Endre Sved

\_\_\_\_\_

**Norsk tittel:** Muskelaktivitet i knebøy med høy- og lav stangplassering

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Engelsk tittel:** Muscle-activity in highbar- and lowbar, barbell back squat

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Studieprogram:** Faglærerutdanning

**Emnekode og navn:** KIF 350 Bachelorgradsoppgave i kroppsøving og idrett

Vi/jeg samtykker i at oppgaven kan publiseres på internett i fulltekst i Brage, HiNTs åpne arkiv

Vår/min oppgave inneholder taushetsbelagte opplysninger og må derfor ikke gjøres tilgjengelig for andre

Kan frigis fra: \_\_\_\_\_

**Dato:** 23.05.2014

\_\_\_\_\_  
underskrift

\_\_\_\_\_  
underskrift

\_\_\_\_\_  
underskrift

\_\_\_\_\_  
underskrift

## Sammendrag

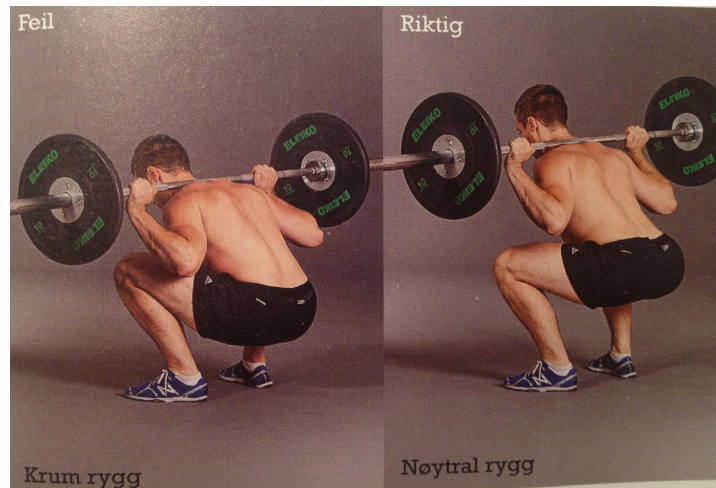
Hensikten med dette studiet var å undersøke eventuelle forskjeller i muskelaktivering mellom to varianter av styrkeøvelsen knebøy. Hovedformålet med studien var å undersøke om knebøy med lav stangplassering, i større grad aktiverte hamstring- og sete-muskulatur, enn knebøy med høy stangplassering. Det ble funnet en signifikant forskjell i aktivering hos M. Vastus Lateralis, konsentrisk ( $p=0,005$ ). Og hos M. Gluteus Maximus, eksentrisk og konsentrisk ( $p=0,000$ ).

## Introduksjon

Hva er knebøy? I følge Waller og Townsend (2007) er ulike typer "squats", eller knebøy oversatt til norsk, øvelser for bygge styrke i de lavere ekstremiteter. Eksempler på slike øvelser er vanlig knebøy, split knebøy, front-bøy osv.(Ibid.,). I følge Fortenbaugh et al. (s.a) er den tradisjonelle knebøy-øvelsen både en konkurranse-øvelse i idretten styrkeløft, og en øvelse som blir brukt generelt i styrketrening og i rehabilitering av skader i lavere ekstremiteter.

I ulike artikler beskrives ofte "the barbell back squat". Denne beskrivelsen kan man nok relatere til tradisjonell knebøy på norsk. I følge Goss (2006) ligger vektstanga oppå ryggen i tradisjonell knebøy. Men hvordan utføres øvelsen knebøy korrekt? Det finnes trolig flere beskrivelser av hvordan øvelsen skal utføres. Men i denne oppgaven beskrives essensen av utførelsen i en kortversjon.

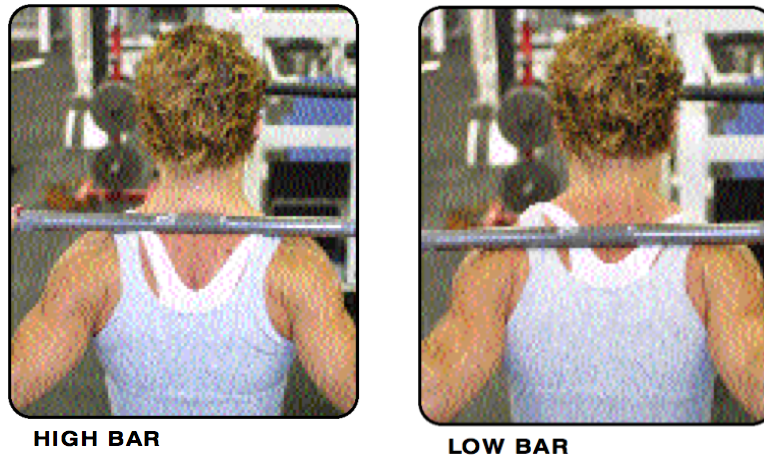
Ifølge Norum og Christensen (2013) begynner man øvelsen med å plassere vektstangen mellom nederste del av nakken og skulderbladene. Etter å ha løftet vektstanga ut og bort fra stativet, stiller man seg med en skulderbred-beinstilling og spenner kroppen. Deretter senker man seg ned til en dybde, der hoftelodd og kneledd er omtrentlig på samme høyde. For deretter å heve seg til startposisjon (Ibid.,). Bilde 1 viser hvordan den tradisjonelle knebøy-øvelsen ser ut.



**Bilde 1. Tradisjonell knebøy. (Norum & Christensen, 2013)**

Men det er to forskjellige varianter av øvelsen. Nemlig knebøy med høy stangplassering. Og knebøy med lav stangplassering. Også kalt for "highbar" og "lowbar" knebøy (Squat School, 2002; Rippetoe, 2008; Rippetoe, 2012). Men hva er de store forskjellene mellom knebøy med høy- stangplassering, kontra lav stangplassering. I knebøy med høy stangplassering, også kalt "high-bar" knebøy, hviler man vektstanga relativt høyt oppe på ryggen. Nærmere bestemt mellom nederste del av nakken og skulderbladene (Norum & Christensen, 2013; Squat School, 2002).

Mens i knebøy med lav stangplassering eller "low-bar" knebøy, hviler man vektstanga litt lengre nede på nakken. Nærmere bestemt like nedenfor toppen av skulderbladene eller på toppen av skuldermusklens baksida (Squat School, 2002; Rippetoe, 2012). Bilde 2 og 3 viser forskjellene på plasseringen av vektstanga, mellom høy- og lav stangplassering.



**Bilde 2. og 3. Knebøy med høy stangplassering til venstre. Og knebøy med lav stangplassering til høyre.  
(Squat School, 2002)**

Når det gjelder egne observasjoner, kan det se ut som at knebøy med høy stangplassering, blir mest brukt. I hvert fall tilsynelatende blant vanlige mosjonister. I følge en kilde trenes det vanligvis mest med knebøy med høy stangplassering innen idretten vektløfting (Squat School, 2002). Årsaken til dette er at det argumenteres for at den mer vertikalt oppreiste ryggen i knebøy med høy stangplassering, har større likhet med ulike øvelser som det konkurreres med i vektløfting. Og at overføringsverdien fra knebøy med høy stangplassering dermed er større, enn knebøy med lav stangplassering (Ibid.).

Derimot blir knebøy med lav stangplassering (low-bar), visstnok i større grad brukt i idretten styrkeløft. Styrkeløftere demonstrerer maksimal styrke i knebøy, benk press og markløft. Og forklaringen på hvorfor knebøy med lav stangplassering ofte blir foretrukket i styrkeløft, er fordi den gir en mekanisk fordel når det gjelder å løfte tyngst mulig vekter (Ibid.). Men dette trenger nødvendigvis ikke å være tilfelle, og kan diskuteres. Undertegnede erfaringer, er at det i norske styrkeløft-miljøer, både trenes det og konkurreres hovedsakelig i knebøy med høy stangplassering. Derimot virker det motsatt i eksempelvis amerikanske styrkeløft-miljøer.

Teorier og synspunkter om eventuelle forskjeller mellom knebøy med høy- og lav stangplassering, var grunnlaget for denne oppgaven. I denne oppgavebesvarelsen ble det gjort et eksperiment ved å bruke EMG-elektroder for måling av muskelaktivitet. Eksperimentet eller studiet, gikk ut på å finne ut om det oppsto like eller ulike muskelaktiveringer, mellom tradisjonell knebøy med høy- stangplassering. I motsetning til knebøy med lav stangplassering. Særlig interessant var det å undersøke om knebøy med lav stangplassering, stimulerte hamstring- og setemuskulatur i større grad, enn knebøy med høy stangplassering.

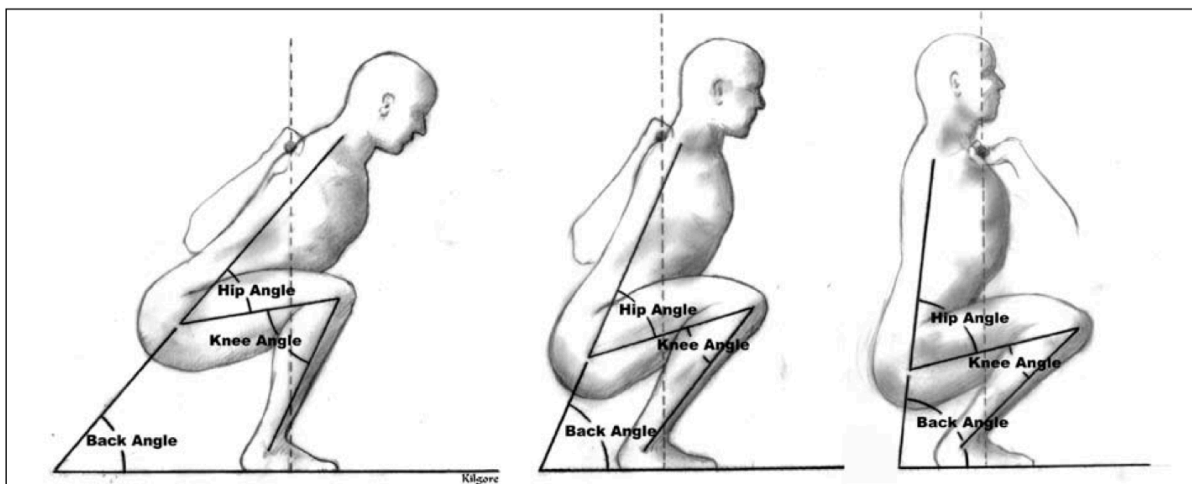
Teoriene og synspunktene til Mark Rippetoe, var hovedårsaken til at det var særlig interessant å undersøke eventuelle forskjeller i hamstring- og setemuskulatur. Den tidligere amerikanske styrkeløfteren Mark Rippetoe mener i korte trekk at knebøy med lav stangplassering er mer gunstig enn knebøy med høy stangplassering. Hans argumentasjon for dette, er at man ved lav stangplassering stimulerer en større del av lår-muskulaturen, og at man dermed har muligheten til å løfte tyngre vekter (Rippetoe, Low-Bar vs. High-Bar Squats, 2008).

I følge Rippetoe stimulerer knebøy med lav stangplassering "posterior chain" i større grad enn knebøy med høy stangplassering (Rippetoe, 2008; Rippetoe, 2012). "Posterior chain" beskrives av Rippetoe som musklene som bidrar til hofteekstensjon eller utstrekking hoftelæddet. Musklene han sikter til og mener bidrar til hofteekstensjon er hamstring-, sete- og adduktormuskulatur (Ibid., s.3).

Men hvorfor mener han at knebøy med høy stangplassering ikke stimulerer "posterior chain" i like stor grad som ved lav stangplassering? Og i så fall hvorfor skulle hamstring-, sete- og adduktormusklene bli stimulert dårligere ved høy stangplassering? Noen av argumentene til Rippetoe er at knebøy med lav stangplassering krever en relativt forover lent rygg, for å opprettholde balanse hos utøveren.

Denne forover lente ryggvinkelen sørger for at hoftevinkelen blir mindre, mens knevinkelen blir større. Når knevinkelen blir større, mener Rippetoe at hamstringsmusklene blir "satt på strekk". Som igjen sørger for at de kan kontrahere bedre, og i større grad bidra i løftet. Derimot mener han at i tradisjonell knebøy med høy stangplassering, har man en mer vertikalt oppreiste rygg, for å opprettholde balanse og riktig tyngdepunkt. Men denne mer vertikalt oppreiste ryggen, mener han skaper en mindre knevinkel. Som i følge Rippetoe, fører til at hamstringsmuskelene ikke er "satt på strekk" i like stor grad. Og at dette fører til at disse musklene er mindre kapable til kontraksjon, og dermed til bidra i løftet (Ibid.).

Rippetoe mener også at det er denne argumentasjonen som gjør at man greier å løfte mindre vekter i øvelsen frontbøy. Grunnet at frontbøy "automatisk", har en enda mer vertikalt oppreist rygg for balanse, og dermed enda mindre knevinkel og mulighet for hamstringkontraksjon, og bidrag i løftet (Ibid.). Ulikhetene i rygg-, hofte- og knevinkel vises tydelig i bilde 4.



**Figure 2.** Note the difference in body angles in low-bar, high-bar and front squats.

**Bilde 4.** Knebøy med lav stangplassering til venstre (low-bar), knebøy med høy stangplassering i midten (high-bar) og frontbøy (front squat) til høyre (Rippetoe, 2008).

Med utgangspunkt i Mark Rippetoes "posterior chain-teorier", ville det være interessant å utføre et studie med testing av utøveres muskelaktivitet ved knebøy med høy- og lav stangplassering. Undertegnede egen hypotese var at det trolig ville bli en forskjell i muskelaktiveringer. Dette på grunnlag av at de bio-mekaniske forholdene, trolig ville bli litt ulike mellom høy- og lav stangplassering. Samt at Rippetoes argumentasjoner virket troverdige og overbevisende.

## Metode

### Design

Studien ble designet for å se på eventuelle forskjeller i muskelaktivitet i lår- og setemuskulatur, ved bruk av EMG-elektroder. I tillegg ble en "Linear Encoder" brukt for å måle minimum- ( $V_{\min}$ ) og maksimum hastighet ( $V_{\max}$ ), tidspunkt for minimum- og maksimum hastighet, samt minimums dybde ( $P_{\min}$ ) på løftene hos utøverne. Tolv friske mannlige utøvere ble brukt i studien. De seks første utøverne begynte knebøy-løftingen med lav stangplassering etter oppvarming. For deretter å løfte med høy stangplassering. Mens de resterende seks utøverne, gjorde motsatt.

## Forsøkspersoner

I studien ble tolv middels til godt styrketrente menn (alder  $23,5 \pm 2,6$  år, høyde  $181 \pm 7,8$  cm, vekt  $86,8 \pm 21,3$  kg) brukt. Alle forsøkspersonene hadde minst ett års erfaring med styrketrening og øvelsen knebøy. Dessverre hadde ikke alle like god erfaring med knebøy med lav stangplassering. Alle forsøkspersonene signerte et samtykkeskjema før forsøket, hvor de ble informert om risikofaktorer og om deres rett til å trekke seg fra forsøket når som helst, uten å oppgi noen grunn.

## Testprosedyre

Testprosedyren ble randomisert ved at de seks første utøverne skulle gjøre et 6RM-løft på lav stangplassering, etter oppvarmingen. For deretter å gjøre et 6RM-løft på høy stangplassering. Mens de resterende seks utøverne skulle gjøre et 6RM-løft på høy stangplassering, etter oppvarmingen, for deretter å gjøre et 6RM-løft på lav stangplassering.

Alle utøverne hadde god erfaring med knebøy med høy stangplassering. Derimot var det flere som hadde relativt liten erfaring med knebøy med lav stangplassering. Liten erfaring med lav stangplassering ble ansett som en potensiell feilkilde for studiet. For å gjøre denne potensielle feilkilden så liten som mulig, valgte undertegnede å la alle utøverne varme opp med lav stangplassering. Dette for å legge til rette for en viss "innlæring" av lav stangplassering, før 6RM-testingen med lav stangplassering ble iverksatt.

Det ble brukt en standardisert oppvarmingsprotokoll i studiet. Denne oppvarmingsprotokollen var som følgende. Hver deltaker av forsøket gjorde 3 oppvarmings-sett. Først 20 repetisjoner av 25 % av antatt 1RM av høy stangplassering. Deretter 10 repetisjoner av 50 % av antatt 1RM, for deretter å gjøre et siste oppvarmings-sett på 8 repetisjoner av antatt 70 % av 1RM (Behm et al., 2005; van den Tillaar & Saeterbakken, 2014). Alle tre oppvarmingssett ble gjort ved bruk av lav stangplassering. (Behm, Leonard, Young, Bonsey, Mackinnon, & S, 2005) (Tillaar & Sæterbakken, 2014).

Hver deltaker skulle testes i seks repetisjoner maksimum eller 6RM i knebøy. Dette skulle gjøres etter de tre oppvarmingssettene. De seks først utøverne skulle som sagt testes i 6RM på lav stangplassering, for deretter å testes på høy stangplassering. Mens de seks andre skulle



testes motsatt. Etter oppvarmingssettene måtte vi finne ut hva hver enkelt utøvers 6RM kunne være.

For å finne ut utøvernes 6RM, ble hver utøver spurt om hva deres antatte 6RM kunne være. Deretter fikk hver enkelt utøver "teste" 6RM på en gitt vekt med den stangplasseringen de skulle begynne med. Etter å ha utført 6 korrekte repetisjoner ble deltakerne spurt om dette virkelig var deres 6RM eller ikke. Hvis ikke, forandret vi kiloantallet helt til vi fant riktig belastning. 6RM ble identifisert i løpet av 1-3 forsøk, og utøverne fikk god tid mellom hvert forsøk. 3-4 minutters pausetid, for å unngå å bli sliten.

Når 6RM-løftet etter 1-3 forsøk ble identifisert, fikk utøveren en god pause. Deretter skulle utøveren utføre et nytt 6RM-løft, denne gang på "motsatt" stangplassering. Stangplasseringen ble grundig studert underveis i alle løftene. Dette for å påse at vektstanga lå på den høyden den skulle ligge, enten det var høy- eller lav plassering.

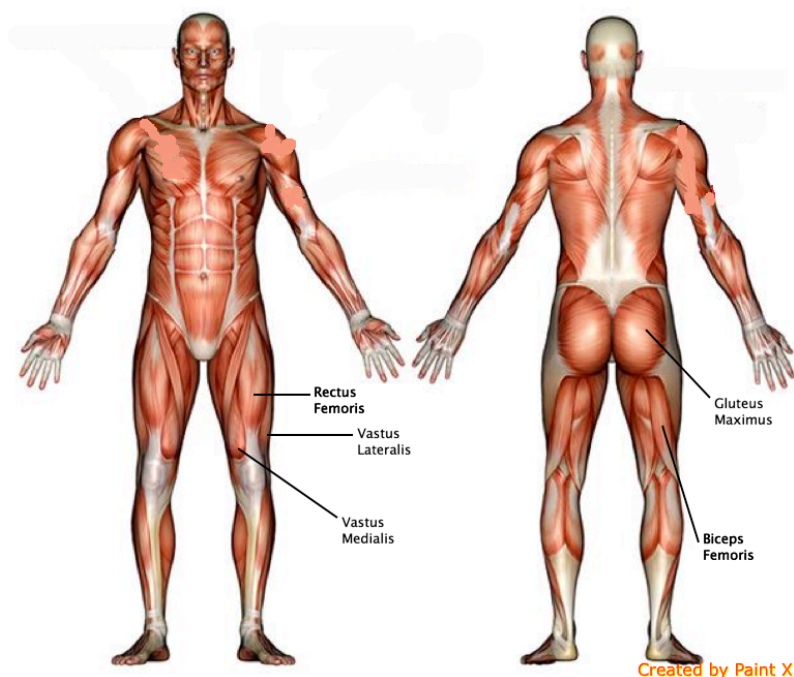
Under oppvarmings-settene målte vi fotstillingen for hver deltaker, og passet på at de satte føttene i samme stilling for hvert løft. Utøverne fikk selv velge om de ville trene med eller uten sko. Noen utøvere løftet barfot, mens andre i joggesko eller styrkeløft-sko. Det som derimot var viktigere, var at alle utøverne måtte nå en spesifikk dybde med hofta. I en knebøy med full dybde er det vanlig, særlig innen styrkeløft, at hoftelæddet går litt dypere enn kneleddet. En slik dybde blir ofte kalt for "under parallell". Dette var dybden vi ville at alle utøverne skulle nå. For at dette skulle bli mulig å sørge for hos alle utøverne, i alle seks repetisjonene, ble det brukt et tau. Dette tauet ble festet i hver ende av knebøystativet, slik at utøveren senket seg ned slik at hofta berørte tauet, før de løftet seg opp igjen.

Under testingen ble det brukt to typer måleutstyr. Før hver utøver skulle begynne selve oppvarmingen og deretter testingen, fikk de påklistret EMG-elektroder. Fem EMG-elektroder ble brukt. Tre elektroder ble klistret på quadriceps-muskulaturen. Nærmere bestemt M. Vastus Medialis, M. Vastus Lateralis og M. Rectus Femoris. Den fjerde elektroden ble klistret på den ene hamstringsmuskelen, M. Biceps Femoris. Mens den femte og siste elektroden ble klistret på den store setemuskelen, M. Gluteus Maximus. Områdene EMG-elektrodenes skulle festes på, måtte på forhånd barberes og desinfiseres.

Det andre måleinstrumentet som ble brukt, var en såkalt Linear Encoder. Dette instrumentet lå på gulvet, under vektstanga. Instrumentet fungerer som en slags tråd som er festet på selve vektstanga. Denne "tråden" eller Linear Encoderen målte blant tidspunktet for minimum- og maksimum hastighet, tid og distanse på vektstanga.

### Instrumenter og kalkuleringer

Dataprogrammet som ble brukt for å innhente muskelaktivitets-informasjonen fra EMG-elektroden heter MuscleLab (ML). Det samme programmet ble brukt for å innhente dataen fra måleinstrumentet Linear Encoder. Når MuscleLab hadde innhentet muskelaktivitets-informasjonen fra elektrodene på den ferdigtestede utøveren, ble disse målingene lagret i MuscleLab som en RMS-verdi. Mens Linear Encoderen sendte informasjon om minimums hastigheten ( $v_{\min}$ ), maksimums hastigheten ( $v_{\max}$ ), tidspunktene for hastighetene, samt minimums posisjonen ( $P_{\min}$ ) på vektstanga under løftene. EMG (MuscleLab 6000 system, Ergotest AS Porsgrund, Norway) var instrumentet som ble brukt til å innhente informasjon om muskelaktiviteten. Figur 1, viser plasseringene av EMG-elektroden, på de bestemte musklene.



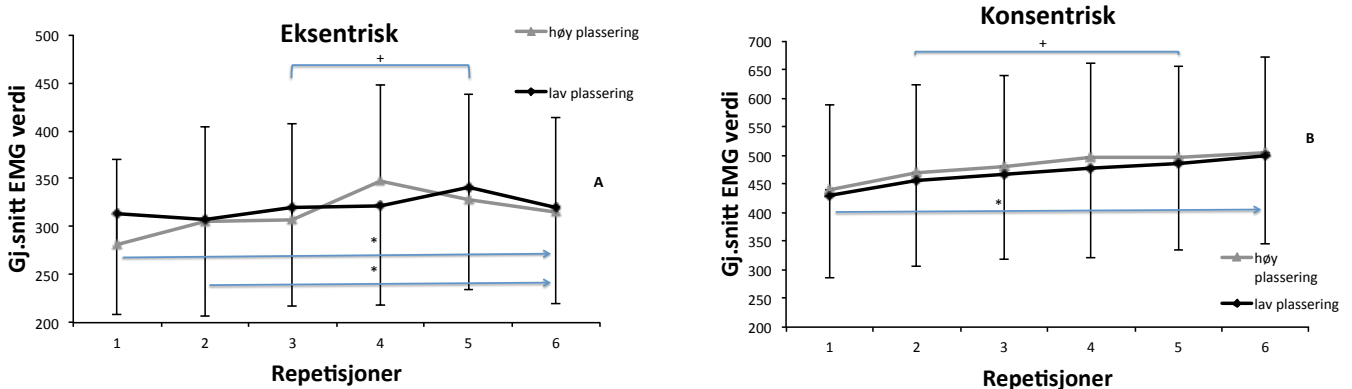
Figur 1. Figurene viser musklene hvor EMG-elektroden ble plassert.

## Statistikk

For å undersøke eventuelle forskjeller i bevegelser og EMG-aktivitet, under 6RM-testingen, ble det brukt en to-veis ANOVA modell, med gjentatte målinger, 2 (høy kontra lav stangplassering) x 6 (1. til 6 repetisjoner). I tillegg ble det brukt Post hoc sammenligning med Holm Benferroni-justering.

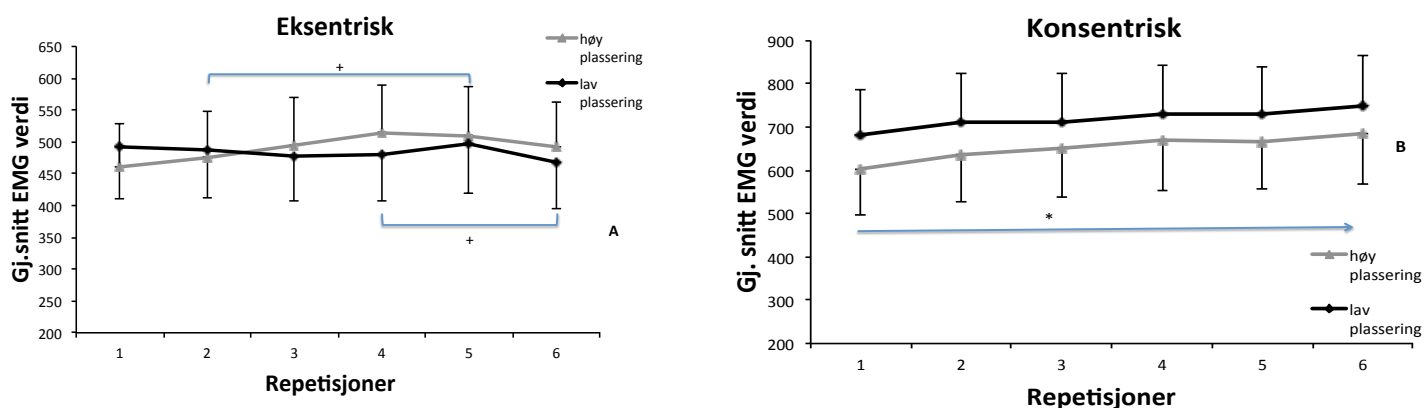
## Resultat

I de eksentriske og konsentriske fasene til M. Vastus Medialis er det funnet signifikante forskjeller i utviklingen av EMG-aktivitet, utover i repetisjonene ( $p=0,005$ ) (Fig. 2A) og ( $p=0,001$ ) (Fig. 2B). Ved høy- og lav stangplassering. Mens det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller i EMG-aktivitet i repetisjonene mellom høy- og lav stangplassering. Verken eksentrisk ( $p=0,47$ ) (Fig. 2A) eller konsentrisk ( $p=0,535$ ) (Fig. 2B). De signifikante eksentriske forskjellene i EMG-aktivitet, ble funnet i repetisjon 1 og 2, målt opp i mot repetisjon 4, 5 og 6. Samt repetisjon 3, målt opp i mot repetisjon 5 (Fig 2A). Mens de ble funnet i repetisjon 1, målt opp i mot repetisjon 3, 4, 5 og 6. Samt repetisjon 2, målt opp i mot repetisjon 5, i de konsentriske fasene (Fig 2B). Verken interaksjon eller noen signifikante forskjeller ble funnet i EMG-utviklingen mellom høy- og lav stangplassering. Verken eksentrisk (Faktor 3) ( $p=0,19$ ) (Fig. 2A) eller konsentrisk ( $p=0,98$ ) (Fig. 2B).



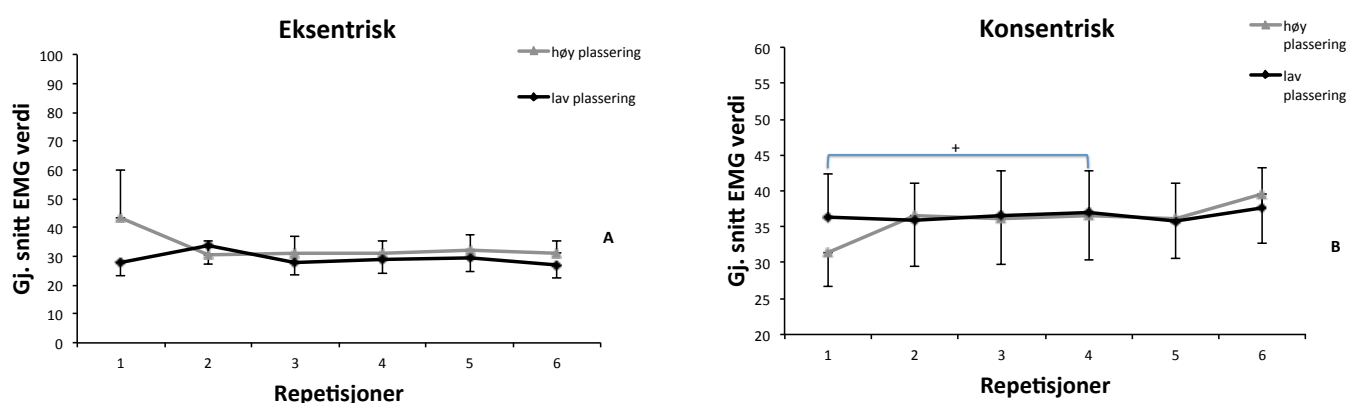
**Figur 2. A) M. Vastus Medialis, eksentrisk fase. B) M. Vastus Medialis konsentrisk fase. Pil og \* indikerer en signifikant forskjell fra repetisjonen hvor pila starter. Og alle repetisjonene, bort i fra \* tegnet,  $p \leq 0,05$ . + indikerer en signifikant forskjell mellom disse to repetisjonene,  $p \leq 0,05$ .**

I de eksentriske fasene til M. Vastus Lateralis er det ikke funnet noen signifikante forskjeller i utviklingen av EMG-aktivitet, utover i repetisjonene ( $p=0,245$ ) (Fig. 3A). Verken ved høy- eller lav stangplassering. Mens i de konsentriske fasene ble det funnet en signifikant forskjell ( $p=0,005$ ) (Fig. 3B). Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller i EMG-aktivitet i repetisjonene mellom høy- og lav stangplassering, verken eksentrisk ( $p=0,702$ ) (Fig. 3A) eller konsentrisk ( $p=0,331$ ) (Fig. 3B). De signifikante forskjellene ble funnet hos repetisjon 2, målt opp i mot repetisjon 5. Samt repetisjon 4, målt opp i mot repetisjon 6 i de eksentriske fasene (Fig. 3A). Mens i de konsentriske fasene, ble de signifikante forskjellene i EMG-aktivitet funnet hos repetisjon 1, målt opp i mot repetisjon 3, 4, 5 og 6 (Fig. 3B). Verken interaksjon eller noen signifikante forskjeller ble funnet i EMG-utviklingen mellom høy- og lav stangplassering verken eksentrisk ( $p=0,133$ ) (Fig. 3A) eller konsentrisk ( $p=0,980$ ) (Fig. 3B).



**Figur 3. A) M. Vastus Lateralis, eksentrisk fase. B) M. Vastus Lateralis, konsentrisk fase. Pil og \* indikerer en signifikant forskjell fra repetisjonen hvor pila starter. Og alle repetisjonene, bort i fra \* tegnet,  $p \leq 0,05$ . + indikerer en signifikant forskjell mellom disse to repetisjonene,  $p \leq 0,05$ .**

I M. Rectus Femoris ble det ikke funnet noen signifikante forskjeller i utviklingen av EMG-aktivitet, utover i repetisjonene, verken eksentrisk ( $p=0,130$ ) (Fig. 4A). Eller konsentrisk ( $p=0,818$ ) (Fig. 4B). Verken ved høy- eller lav stangplassering. Det ble heller ikke funnet noen signifikante forskjeller i EMG-aktivitet i repetisjonene mellom høy- og lav stangplassering, verken eksentrisk ( $p=0,825$ ) (Fig. 4A) eller konsentrisk ( $p=0,115$ ) (Fig. 4B). Det ble kun funnet en signifikant forskjell mellom repetisjon 1 og 4, konsentrisk (Fig. 4B). Verken interaksjon eller noen signifikante forskjeller ble funnet i EMG-utviklingen mellom høy- og lav stangplassering, verken eksentrisk ( $p=0,616$ ) (Fig. 4A) eller konsentrisk ( $p=0,162$ ) (Fig. 4B).

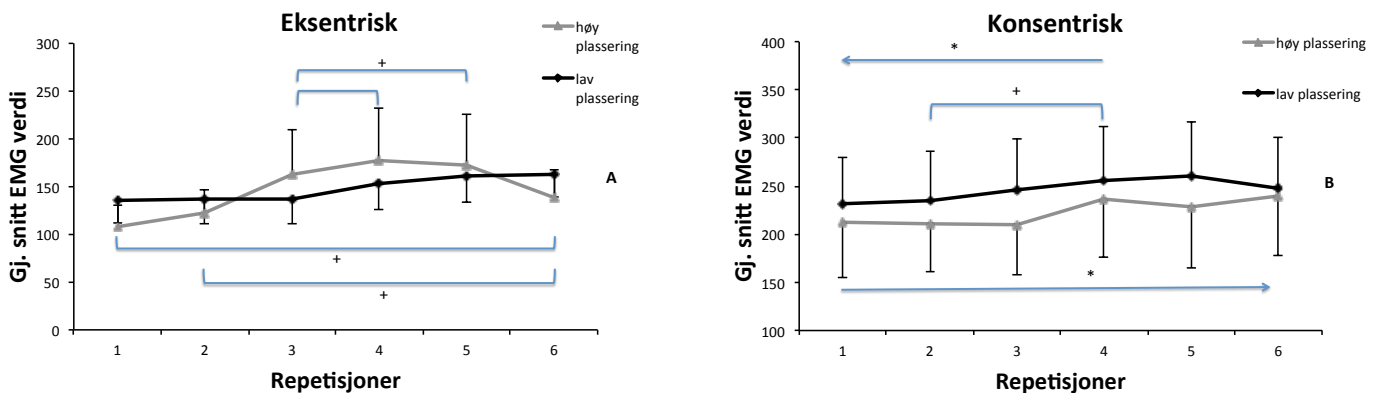


**Figur 4. A) M. Rectus Femoris, eksentrisk fase. B) M. Rectus Femoris, konsentrisk fase. Pil og \* indikerer en signifikant forskjell fra repetisjonen hvor pila starter. Og alle repetisjonene, bort i fra \* tegnet,  $p \leq 0,05$ . + indikerer en signifikant forskjell mellom disse to repetisjonene,  $p \leq 0,05$ .**

I M. Biceps Femoris ble det ikke funnet noen signifikante forskjeller i utviklingen av EMG-aktivitet, utover i repetisjonene, verken eksentrisk ( $p=0,974$ ) (Fig. 5A) eller konsentrisk ( $p=0,173$ ) (Fig. 5B). Verken ved høy- eller lav- stangplassering. Derimot ble det nesten funnet signifikante forskjeller i EMG-aktivitet i repetisjonene mellom høy- og lav stangplassering, både eksentrisk ( $p=0,062$ ) (Fig. 5A) og konsentrisk ( $p=0,005$ ) (Fig. 5B).

De signifikante forskjellene i EMG-aktivitet ble funnet hos repetisjon 1, målt opp i mot repetisjon 6. Hos repetisjon 2, målt opp i mot repetisjon 6. Samt repetisjon 3, målt opp i mot repetisjon 4 og 5, i de eksentriske fasene (Fig. 5A). Mens de signifikante forskjellene i EMG-aktivitet ble funnet hos repetisjon 1, målt opp i mot repetisjon 4, 5 og 6. Hos repetisjon 2, målt

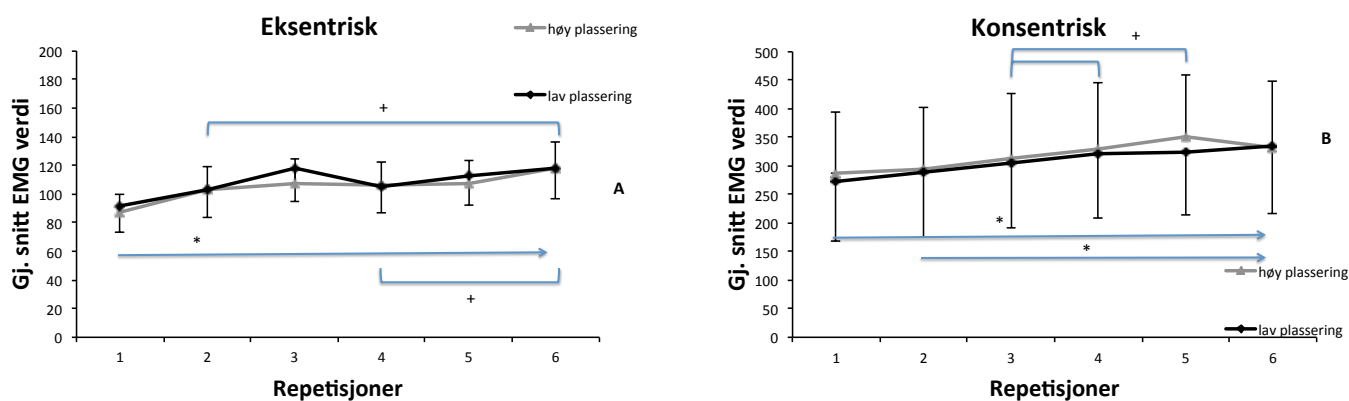
opp i mot repetisjon 4. Samt repetisjon 4, målt opp i mot repetisjon 1 og 2, i de konsentriske fasene (Fig. 5B). Verken interaksjon eller noen signifikante forskjeller ble funnet i EMG-utviklingen mellom høy- og lav stangplassering, verken eksentrisk ( $p=0,503$ ) (Fig. 5A) eller konsentrisk ( $p=0,162$ ) (Fig. 5B).



**Figur 5. A) M. Biceps Femoris, eksentrisk. B) M. Biceps Femoris, konsentrisk. Pil og \* indikerer en signifikant forskjell fra repetisjonen hvor pila starter. Og alle repetisjonene, bort i fra \* tegnet,  $p \leq 0,05$ . + indikerer en signifikant forskjell mellom disse to repetisjonene,  $p \leq 0,05$ .**

I M. Gluteus Maximus, ble det ikke funnet noen signifikante forskjeller i utviklingen av EMG-aktivitet, utover i repetisjonene, verken eksentrisk ( $p=0,638$ ) (Fig. 6A) eller konsentrisk ( $p=0,123$ ) (Fig. 6B). Verken ved høy- eller lav- stangplassering. Derimot ble det funnet signifikante forskjeller i EMG-aktivitet i repetisjonene mellom høy- og lav stangplassering, eksentrisk ( $p=0,000$ ) (Fig. 6A) og konsentrisk ( $p=0,000$ ) (Fig. 6B).

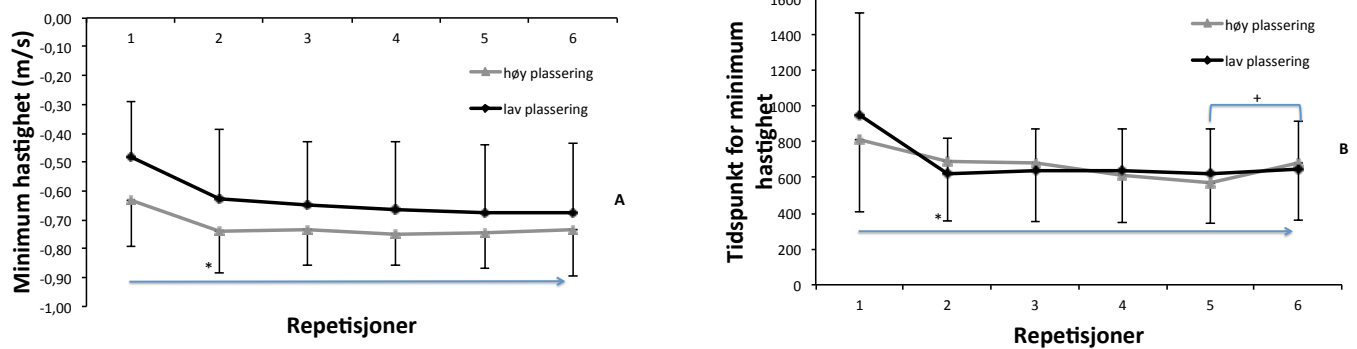
De signifikante eksentriske forskjellene ble funnet hos repetisjon 1, målt opp i repetisjon 2, 3, 4, 5 og 6. Hos repetisjon 2, målt opp i mot repetisjon 6. Samt repetisjon 4, målt opp i mot repetisjon 6 (Fig. 6A). De signifikante konsentriske forskjellene ble funnet hos repetisjon 1, målt opp i mot repetisjon 3, 4, 5 og 6. Hos repetisjon 2, målt opp i mot 4, 5 og 6. Ved repetisjon 3, målt opp i mot repetisjon 4, og 5. Samt repetisjon 6, målt opp i mot repetisjon 2 (Fig. 6B). Derimot ble ingen interaksjon eller noen signifikante forskjeller funnet i EMG-utviklingen mellom høy- og lav stangplassering, verken eksentrisk ( $p=0,660$ ) (Fig. 6A) eller konsentrisk ( $p=0,802$ ) (Fig. 6B).



**Figur 6. A) M. Gluteus Maximus, eksentrisk fase. B) M. Gluteus Maximus, konsentrisk fase. Pil og \* indikerer en signifikant forskjell fra repetisjonen hvor pila starter. Og alle repetisjonene, bort i fra \* tegnet,  $p \leq 0,05$ . + indikerer en signifikant forskjell mellom disse to repetisjonene,  $p \leq 0,05$ .**

Når det gjelder målingene av minimums hastighet, ble det nesten funnet en signifikant forskjell, utover i repetisjonene, ved høy- og lav stangplassering ( $p=0,073$ ) (Fig. 7A). Det ble også funnet en signifikant forskjell i minimums hastighet, ved repetisjonene, mellom høy- og lav stangplassering ( $p=0,000$ ) (Fig. 7A). De signifikante forskjellene ble funnet hos repetisjon 1, målt opp i mot repetisjon 2, 3, 4, 5 og 6. I tillegg ble det funnet en signifikant forskjell og interaksjon i minimums hastighet mellom høy- og lav stangplassering ( $p=0,035$ ) (Fig. 7A).

Når det gjelder tidspunktet hvor minimums hastighet inntraff, ble det ikke funnet noen signifikant forskjell, utover i repetisjonene, ved høy- og lav stangplassering ( $p=0,898$ ) (Fig. 7B). Derimot ble det funnet en signifikant forskjell i tidspunktet der minimums hastighet inntraff, målt i alle seks repetisjonene, mellom høy- og lav stangplassering ( $p=0,000$ ) (Fig. 7B). De signifikante forskjellene ble funnet hos repetisjon 1, målt opp i mot repetisjon 2, 3, 4, 5 og 6. Samt hos repetisjon 5, målt opp i mot repetisjon 6. Mens det ble ikke funnet noen signifikant forskjell eller interaksjon i tidspunktet for minimums hastighet, i utviklingen mellom høy- og lav stangplassering ( $p=0,615$ ) (Fig 7B).

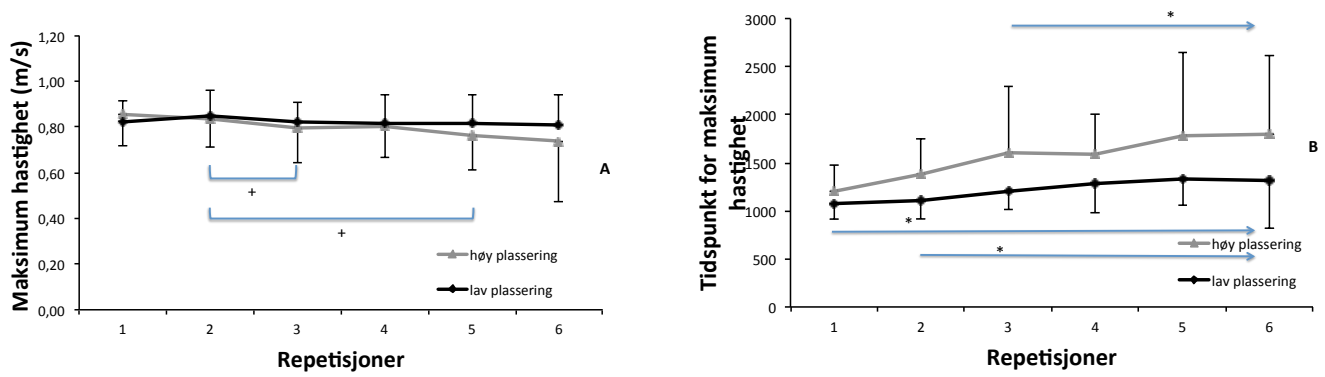


**Figur 7. A) Viser målt minimums hastighet mellom høy- og lav stangplassering. B) Viser målt tidspunkt for minimums hastighet hos høy- og lav stangplassering. Pil og \* indikerer en signifikant forskjell fra repetisjonen hvor pila starter. Og alle repetisjonene, bort i fra \* tegnet,  $p \leq 0,05$ . + indikerer en signifikant forskjell mellom disse to repetisjonene,  $p \leq 0,05$ .**

I målingene av **maksimum hastighet**, ble det ikke funnet noen signifikant forskjell, utover i repetisjonene, ved høy- og lav stangplassering ( $p=0,461$ ) (Fig. 8A). Derimot ble det nesten funnet en signifikant forskjell i maksimum hastighet, ved alle seks repetisjonene, mellom høy- og lav stangplassering ( $p=0,068$ ) (Fig. 8A). Det ble funnet en signifikant forskjell hos repetisjon 2, målt opp i mot repetisjon 3 og 5. Men det ble ikke funnet noen signifikant forskjell eller interaksjon i målingen av maksimums hastighet ved utviklingen mellom høy- og lav stangplassering ( $p=0,264$ ) (Fig. 8A).

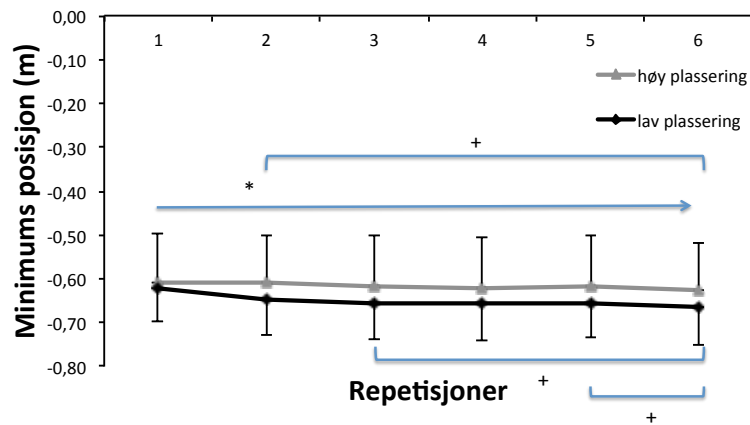
Når det gjelder **tidspunktet hvor maksimum hastighet** inntraff, ble det funnet en signifikant forskjell i utviklingen utover i repetisjonene, ved høy- og lav stangplassering ( $p=0,019$ ) (Fig 8B). Det ble også funnet en signifikant forskjell i tidspunktet der maksimum hastighet inntraff, målt i alle seks repetisjonene, mellom høy- og lav stangplassering ( $p=0,000$ ) (Fig. 8B). De signifikante forskjellene ble funnet hos repetisjon 1, målt opp i mot repetisjon 2-6. Hos repetisjon 2, målt opp i mot repetisjon 3, 4, 5 og 6. Samt hos repetisjon 3, målt i mot repetisjon 5 og 6. Mens det ble ikke funnet noen signifikant forskjell eller interaksjon i tidspunktet for maksimum hastighet, i utviklingen mellom høy- og lav stangplassering ( $p=0,319$ ) (Fig. 8B).





**Figur 8. A) Viser målt maksimum hastighet ved høy- og lav stangplassering. B) Viser målt tidspunkt for maksimum hastighet mellom høy- og lav stangplassering. Pil og \* indikerer en signifikant forskjell fra repetisjonen hvor pila starter. Og alle repetisjonene, bort i fra \* tegnet,  $p \leq 0,05$ . + indikerer en signifikant forskjell mellom disse to repetisjonene,  $p \leq 0,05$ .**

Minimums posisjonen eller minimumsdybden på vektstanga ble også målt ved høy- og lav stangplassering. Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell i minimumsposisjon, i utviklingen utover i repetisjonene, ved høy- og lav stangplassering ( $p=0,219$ ) (Fig. 9). Men det ble funnet en signifikant forskjell i minimumsposisjon, målt i alle seks repetisjonene, mellom høy- og lav stangplassering ( $p=0,001$ ) (Fig. 9). Disse signifikante forskjellene ble funnet hos repetisjon 1, målt i mot repetisjon 2-6. Hos repetisjon 2, målt i mot repetisjon 6. Ved repetisjon 3, målt i mot repetisjon 6. Samt hos repetisjon 5, målt i mot repetisjon 6. Det ble også funnet en signifikant forskjell i minimumsposisjon, og dermed interaksjon i utviklingen mellom høy- og lav stangplassering ( $p=0,016$ ) (Fig. 9).



**Figur 9. Viser målt minimums dybde/posisjon mellom knebøy med høy- og lav stangplassering. Pil og \* indikerer en signifikant forskjell fra repetisjonen hvor pila starter. Og alle repetisjonene, bort i fra \* tegnet,  $p \leq 0,05$ . + indikerer en signifikant forskjell mellom disse to repetisjonene,  $p \leq 0,05$**

## Diskusjon

Hensikten med dette studiet var å undersøke om det kunne oppstå, like eller ulike muskelaktiveringer, mellom knebøy med lav- stangplassering, og knebøy med høy- stangplassering. Særlig interessant var det å undersøke om knebøy med lav stangplassering, stimulerte hamstring- og setemuskulatur, i større grad, enn knebøy med høy- stangplassering. Altså to av tre muskler, som Mark Rippetoe beskriver som deler av den såkalte "posterior chain-muskulaturen" i underekstremiteten (Rippetoe, 2008; Rippetoe, 2012).

Men hva ble utfallet av målingene av quadriceps-musklene. M. Vastus Medialis viste ingen signifikante forskjeller i EMG-aktivitet i repetisjonene mellom høy- og lav stangplassering, eller noen interaksjon. (Fig. 2A; Fig. 2B). Dette vises også i figur 2A og 2B, der muskelaktiviteten, generelt er veldig lik. M. Rectus Femoris påviste også lignende mangler på signifikante forskjeller og interaksjon. Noe som figur 4A og 4B, også gir uttrykk for. Hvorfor ble resultatene i disse musklene slik? En forklaring kan rett og slett være at M. Vastus Medialis og M. Rectus Femoris jobber tilnærmet likt, uavhengig av høy- eller lav stangplassering.

Derimot kan stangplasseringen, ha noe å si for M. Vastus Lateralis. I de konsentriske fasene til M. Vastus Lateralis (Fig.3B), blir det vist signifikante muskelaktiveringsforskjeller mellom høy- og lav stangplassering. Dette vises også i figur 3B, der man ser at lav stangplassering, gir generelt litt høyere EMG/muskelaktivering. Dette funnet var litt overraskende, da undertegnede på forhånd, antok at høy- stangplassering ville gi høyere muskelaktivitet i quadriceps-musklene. Dette på grunnlag av hva eksempelvis enkelte beskriver på diverse internett-forum. Flere mener at knebøy med høy- stangplassering. Og spesielt front-bøy, er mer quadriceps-dominante øvelser. Altså som gir mer muskelaktivitet i quadriceps-muskulaturen.

Men hva kan være årsaken til at M. Vastus Lateralis, ga litt høyere aktivitet ved lav stangplassering, i de konsentriske fasene? En mulig forklaring er at stangplasseringen gjør at bio-mekaniske forhold, til en viss grad endres. Dette var ganske synlig under utøvernes løfting. Ryggen til utøverne var vesentlig mer vertikalt oppreist ved høy stangplassering, enn ved lav stangplassering. Noe som trolig oppsto, for at opprettholdelse av balanse og riktig tyngdepunkt. Dette blir også understøttet og beskrevet av flere (Swinton et al, 2012; Rippetoe, 2008; Rippetoe, 2012). Ulikhetene i de bio-mekaniske vinklene, mellom knebøy med høy- og lav stangplassering, samt frontbøy blir også vist i bilde 4. Det er mulig at ulikhetene i rygg-, hofte- og knevinkel mellom plasseringene, gjør at M. Vastus Lateralis, aktiverer litt høyere ved lav stangplassering, enn ved høy stangplassering.

Men hvordan ble utfallet av "posterior chain-musklene" M. Biceps Femoris og M. Gluteus Maximus. I M. Biceps Femoris, ble det nesten funnet signifikante forskjeller i EMG-aktivitet, mellom repetisjonene hos høy- og lav stangplassering (Fig. 5A; Fig. 5B). Men ingen interaksjon (Fig. 5A; Fig. 5B). Derimot ser man i figur 5B, at M. Biceps Femoris, har litt høyere muskelaktivitet ved lav stangplassering, konsentriske. Selv om forskjellene i muskelaktivitet, som vises i figur 5B, er små. Virker figur 5B og statistikk-dataene litt motsigende. En mulig forklaring på forskjellene, kan være at lav- stangplassering, generelt var litt mere uvant for utøverne i studien. Noe som kan ha gitt de små forskjellene i muskelaktivitet i figur 5B. Eller at også denne muskelen, ved lav stangplassering, ble stimulert mer av de bio-mekaniske ulikhetene mellom stangplasseringene.

I M. Gluteus Maximus ble det ikke funnet noen interaksjon (Fig. 6). Men i figur 6A ser ut til at lav stangplassering har litt høyere aktivering, enn høy stangplassering. Mens i 6B vises det

motsatte. Figurene og resultatene i denne muskelen er dermed litt vanskelig å tolke. Da det ble funnet signifikante forskjeller i EMG-aktivitet mellom repetisjonene hos høy- og lavstangplassering. Noe som da tyder på at stangplasseringene gir ulikheter i aktivering i denne muskelen.

Ved målingene av minimums hastighet, ble det her tydelig funnet signifikante forskjeller og interaksjon mellom høy- og lav stangplassering (Fig. 7A). Det vises tydelig i figur 7A at den målte minimums hastigheten ved høy- stangplassering, er lavest. Dette gir mening. Da det virket som at løftene generelt, gikk langsommere ved høy stangplassering, enn ved lav stangplassering. Særlig i de konsentriske fasene. Men tidsbruken tatt i betraktning, ga trolig liten eller ingen innvirkning på muskelaktivitet. Da muskelaktiviteten, generelt sett var veldig lik, og med få signifikante forskjeller.

Når det gjelder tidspunktet minimums hastighet ble målt, ble det funnet signifikante forskjeller mellom høy- og lav stangplassering. Derimot ble det ellers ikke funnet signifikante forskjeller eller noen interaksjon i utviklingen (Fig.7B). Ulikheter i tidspunktene, som minimums hastighetene ble målt på, er litt vrønt å gi et entydig svar på. Men også her kan de biomekaniske ulikhetene ha hatt en innvirkning på tidspunktene.

Målingene av maksimum hastighet under løftene, viste nesten signifikant forskjell, mellom repetisjonene mellom høy- og lav stangplassering. Det ble derimot ikke påvist noen signifikant forskjell ellers, eller noen interaksjon (Fig. 8A). Dette tyder på at maksimum hastighetene var noenlunde lik mellom høy- og lav stangplassering. Dette virker troverdig, da figur 8A viser omtrent like målinger, mellom høy- og lav stangplassering. Med unntak av at maksimum hastighet ved høy- stangplassering, går litt ned ved de to siste repetisjonene.

Det ble påvist signifikante forskjeller i tidspunktene maksimum hastighet oppsto på, mellom høy- og lav stangplassering. Derimot ble det ikke påvist noen signifikante forskjeller ellers, eller noen interaksjon (Fig. 8B). Forskjeller i tidspunktene som maksimum hastighet ble målt på, mellom høy- og lav stangplassering, kan vel også ses i sammenheng med de bio-mekaniske ulikhetene.

Når det gjelder dybden eller vektstangas posisjon i løftene, ble det kun påvist signifikante forskjeller mellom enkelte repetisjoner. Ellers ingen signifikant forskjell eller interaksjon. Derimot ser man i figur 9, at lav stangplassering, viser litt lavere minimums posisjon. Dette gir mening. Da vektstanga ved lav stangplassering, lå noen centimeter lavere, enn ved høy

stangplassering. Noe som da trolig gjør at dybden eller posisjonen på vektstanga "automatisk" blir lavere i bunn av løftet.

Når det gjelder studiet, finnes det trolig flere potensielle svakheter og feilkilder. Den ene potensielle feilkilden i studiet, kan ha vært kontakten mellom EMG-elektrodene og musklene som ble målt. Ved enkelte anledninger, hadde noen elektroder en tendens til å løsne fra huden hos utøverne. Dette skjedde særlig etter en stund, når utøverne begynte å bli svette. Elektrodene ble fastgjort så bra som mulig, etter slike hendelser. Men kan allikevel ha hatt en innvirkning på målingene. En annen potensielle svakhet i studiet, var utøvernes relativt lave erfaring med knebøy med lav stangplassering. Det kan tenkes at utfallet av studiet, kunne sett annerledes ut, hvis erfaringen med høy- og lav stangplassering hadde vært like stor. Altså at like stor erfaring, muligens kunne føre til litt annen muskelaktivering, ved den ene knebøy varianten.

En tredje potensiell svakhet i studiet som ble gjort, var at kun én hamstringsmuskel, samt én setemuskel ble undersøkt med EMG-elektroder. Altså hamstringsmuskelen M. Biceps Femoris, og setemuskelen M. Gluteus Maximus. Ved å ha undersøkt flere hamstrings- og setemuskler, kunne muligens utfallet og resultatet av studien, ha sett litt annerledes ut. Det samme kunne ha skjedd, ved å ha målt en eller flere adduktormuskler, som Rippetoe også beskriver som en del av "posterior chain-muskulaturen" (Rippetoe, 2008; Rippetoe, 2012). Årsaken til at dette ikke ble gjort, var en knapphet på antallet EMG-elektroder, samt at det også var viktig å ha tilstrekkelig med EMG-elektroder plassert på quadriceps-muskulaturen. Årsaken til at M. Biceps Femoris og M. Gluteus Maximus ble valgt i denne oppgaven, var de musklene ble ansett som svært sentrale hamstring- og setemuskler.

I dette studiet kan man vel konkludere med at det ikke var noen signifikante forskjeller i muskelaktivitet, i lår- og setemuskulatur mellom høy- og lav stangplassering. Med unntak av høyere aktivering i de konsentriske fasene til M. Vastus Lateralis (Fig. 3B). Og både de eksentriske og konsentriske fasene M. Gluteus Maximus, i følge statistikken. I tillegg var det trolig en tendens til høyere konsentrisk muskelaktivering hos M. Biceps Femoris ved lav stangplassering. Tendensen i M. Biceps Femoris, konsentriske faser, kan gi Mark Rippetoes synspunkter litt medhold. Mens de litt motstridende statistikk-tallene og figurene 6A og 6B hos M. Gluteus Maximus, gir et litt mer diffust svar.

## Bibliografi

Behm, D., Leonard, A., Young, W., Bonsey, W., Mackinnon, & S. (2005). Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. *Journal of strenght and conditioning research* , ss. 193-201.

Fortenbaugh, D., Sato, K., & Hitt, K. (s.a). *The Effects Of Weightlifting Shoes On Squat Kinematics*. American Sports Medicine Institute, American Sports Medicine Institute. University of Northern Colorado.

Goss, K. (2006). *Pain-Free Front Squats*. [www.biggerfasterstronger.com](http://www.biggerfasterstronger.com).

Norum, M., & Christensen, B. (2013). *Bygg muskler!* Cappelen Damm.

Rippetoe, M. (2008). *Low-Bar vs. High-Bar Squats*. Crossfit journal articles.

Rippetoe, M. (2012). *Starting Strength - Basic Barbell Training 3rd Edition*. USA: The Aasgaard Company.

Squat School. (2002). *Squat Mastery - To maximize your gains, theres more to it than just doing a deep knee bend*. Squat School - Squat Mastery.

Swinton, P., Lloyd, R., Keogh, J., Agouris, I., & Stewart, A. (2012). A biomechanical comparison of the traditional squat, powerlifting squat, and box squat.

Tillaar, R., & Sæterbakken, A. (2014). Effects of fatigue up on performance and Electromyographic Activity in 6-RM bench press. ss. 57-65.

Waller, M., & Townsend, R. (2007). *The Front Squat and Its Variations*. Strenght and Conditioning journal.