

BACHELOR OPPGAVE

Effekten av 4-ukers styrketrening på spenst

- Kan styrketrening med fokus på hamstring og gluteus føre til forbedring i stille lengde?

Utarbeidet av:

Thomas Lerhol Warvik

Studium:

Idrett Bachelor

Innlevert:

02.06.2014



Innhold

Sammendrag	2
Innledning	3
Historie	3
Styrke og styrketrening	3
Treningsprinsipper / treningsmetoder.....	7
Fysiologiske faktorer	8
Problemstilling - Hypotese	11
Metode	12
Måleutstyr	13
Prosedyre.....	14
Analyse	15
Resultat	16
Diskusjon	20
Hovedfunn	20
Resultat opp mot problemstillingen.....	20
Styrke / svakheter.....	25
Konklusjon	26
Referanseliste	27

Sammendrag

Problemstilling: Hensikten med dette forsøket var å finne ut hvorvidt styrketrening hadde en positiv effekt på spenst i form av stille lengde. Hovedfokuset lå på å styrke underkroppen, da i hovedsak gluteus og hamstring. **Metode:** 5 idrettstudenter ($21,4 \pm 2,3$ år), hvorav 2 gutter og 3 jenter deltok i forsøket. Det ble gjennomført pre – og post-test (1RM) i styrkeøvelsene boksbøy og sumo markløft, samt stille lengde. Personene gjennomførte et 4-ukers styrketreningsprogram, med 2 økter i uken. Begge øktene hadde hovedfokus på maksimal og eksplosiv styrke i underkroppen. Testpersonene fikk ikke lov til å gjennomføre annen styrketrening på bein i denne perioden. **Resultat:** Forsøket viste en gjennomsnittlig framgang på $5,4 \pm 10,4$ cm i testøvelsen stille lengde. Det var også en gjennomsnittlig framgang i 1RM i både boksbøy og sumo markløft (boksbøy: $1 \pm 12,9$ kg – sumo markløft: $1,4 \pm 3,5$ kg). Individuelt sett hadde 4 personer framgang i stille lengde, mens 1 person hadde nedgang. **Konklusjon:** På bakgrunn av lavt utvalg ($n=5$), og varierende framgang er denne forsøksrapporten isolert sett ikke nok til å konkludere med at styrketrening automatisk fører til god spenst. Resultatene fra dette forsøket viste at styrketrening hadde en positiv effekt på spenst, i form av testresultatene i stille lengde. Dette støttes også i form av tidligere forskning, som viser at styrketrening isolert sett har en positiv effekt på eksplosivitet/spenst. Med bakgrunn i både testresultatene, samt tidligere forskning, er konklusjonen at det er stor sannsynlighet for at styrketrening har en positiv effekt på spenst.

Innledning

Historie

Styrketrening kan spores 5000 år tilbake i tid (Raastad et. al. 2010). Videre skriver Raastad at i antikkens Hellas er styrketrening kjent gjennom skrifter tilbake til år 600 f.kr. Den legendariske Minon fra Croton er kjent gjennom historien ved å holde en fullvoksen okse på skuldrene. Han regnes som den første til å anvende prinsippet om progresjon, gjennom en 4-års periode å løfte en liten kalv fram til den var en fullvoksen okse. Frederic Mueller (1867 – 1925), bedre kjent som Eugene Sandow er en pioner innen kroppsbygging, og er mannen bak «sets and reps» systemet som brukes den dag i dag. Han så også at styrketrening kunne ha en helsemessig gevinst, og helseaspektet ble derfor en viktig del av hans treningsfilosofi (2010).

Styrke og styrketrening

Styrke blir beskrevet som evnen til å utvikle kraft, og er avhengig av muskelens utgangslengde, forkortningshastighet og forlengningshastighet, muskelfibertype, muskelens fysiologiske tverrsnitt, hvor mange motoriske enheter som er aktive og tilgang på energi (Gjerset et. al. 1992). Styrke blir også referert til som den maksimale kraften eller det dreiemomentet en muskel eller muskelgruppe kan skape ved en spesifikk eller forutbestemt hastighet (Raastad et. al. 2010; Enoksen et. al. 2007).

Styrketrening forklares som all trening som er ment å utvikle eller vedlikeholde vår evne til å skape størst mulig kraft ved forskjellige forkortningshastigheter i muskulaturen (Enoksen et. al. 2007). Beskrives også som all trening som er ment å utvikle eller vedlikeholde vår evne til å skape størst mulig kraft (eller dreiemoment) ved en spesifikk eller forutbestemt hastighet. Spesifikk hastighet innebærer også rene isometriske muskelaksjoner, og eksentrisk muskelarbeid (Raastad et. al. 2010). Når vi snakker om styrke, skiller vi mellom absolutt styrke (maksimal styrke) og relativ styrke, som viser en persons maksimale styrke i forhold til kroppsvekt (Katch et. al. 2011).

I. Maksimal styrke

For å spesifisere ulike typer styrke og styrketrening, snakker vi ofte om blant annet maksimal og eksplosiv styrke, samt hypertrofi. Maksimal styrke er den største kraften man klarer å utvikle ved langsomme bevegelser eller isometriske kontraksjoner (Enoksen et. al. 2007; Raastad et. al. 2010), eller den største kraften en muskel eller muskelgruppe kan utvikle en gang (Gjerset et. al. 2006). Maksimal styrke måles vanligvis i 1 RM (Raastad et. al. 2010), å defineres som den største ytre belastning en utøver klarer å overvinne i utførelsen av en enkelt repetisjon (Gjerset et. al. 1992). Med maksimal styrketrening menes all trening som gjennomføres med den hensikt å øke evnen til maksimal kraftutvikling ved langsomme bevegelser eller ved rene maksimale isometriske muskelaksjoner (Raastad et. al. 2010). Trening for økt styrke i beina (1RM – knebøy) har svært stor overføringsverdi til vertikale hopp, men liten effekt på sprint (Young, 2006).

II. Hypertrofi

Hypertrofi (økning i muskelmasse) fører til økt muskeltverrsnitt, økning i antall kontraktile proteiner, og økt antall og størrelse på myofibriler per muskelfiber (Katch et. al. 2011). Hypertrofi = muskelvekst, som fører til økt muskeltverrsnitt og volum (Enoksen et. al. 2007). Hypertrofi fører til at hver enkelt muskelfiber øker i tverrsnittsareal og/eller lengde (Raastad et. al. 2010). Videre forklarer Raastad at økningen i volum som følge av at det dannes flere muskelfiber kaller hyperplasi. Dannelsen av mer bindevev kan også føre til økt volum (2010).

På bakgrunn av at økt muskeltverrsnitt fører til økt kraftutvikling, kan hypertrofitrening potensielt ha god effekt på både styrke og eksplosivitet i idrettssammenheng. Ulempen med hypertrofi er økt vekt, som kan virke negativt inn på både spenst og hurtighet (Young, 2006).

III. Eksplosiv styrke

Eksplosiv styrke er den største kraften man kan utvikle ved stor forkortningshastighet i musklene / stor vinkelhastighet i et ledd (Enoksen et. al. 2007). Beskrives også som evnen til å utvikle størst mulig kraft hurtig. I en maksimal isometrisk muskelaksjon uttrykkes dette som den største kraften du kan utvikle i løpet av kort tid / innen 100 ms (Raastad et. al. 2010). Det refereres også til som størst mulig kraftutvikling samtidig som muskelen trekker

seg raskt sammen (Gjerset et. al. 2006). Eksplosiv styrke er avgjørende for prestasjoner i ulike idretter som setter krav til retningsendringer, akselerasjon og hopp (Newton et. al. 1997).

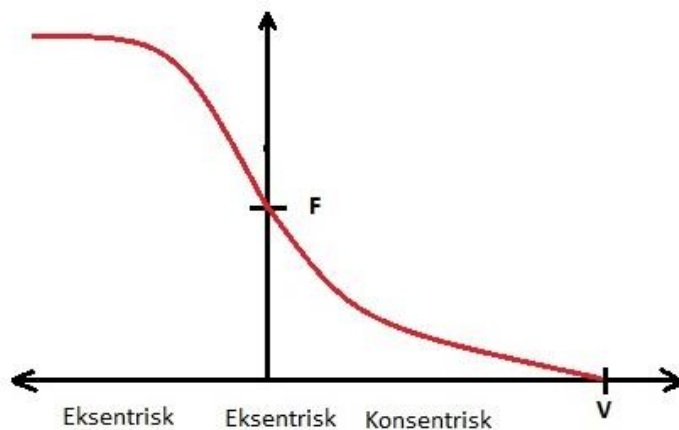
For eksplosiv styrketrening snakkes det om all trening som gjennomføres med maksimal mobilisering i hver repetisjon, uansett treningsmotstand. Intensjonen er å akselerere bevegelsen maksimalt, og på den måte skape størst mulig hastighet i bevegelsen, eller hurtigst mulig komme opp i stor kraft ved isometriske muskelaksjoner (Raastad et. al. 2010).

Både eksplosiv og styrke/eksplosiv trening var effektiv for maksimal kraftutvikling og maksimal hoppøyde (Cormie et. al. 2007). Cormie forklarer videre at kombinasjonen av styrke og eksplosiv trening kan føre til økt kraft-hastighet relasjon, som igjen kan føre til en større forbedring i maksimal kraftutvikling enn styrke og eksplosiv trening isolert. Styrke/eksplosiv trening var mer effektiv enn eksplosiv trening isolert, og anbefales derfor til utøvere som konkurrerer i idretter som setter store krav til både styrke og eksplosivitet (2007).

IV. Powertrening

Et av de mest anvendte begrepene innen eksplosiv styrketrening er begrepet powertrening. Power kan defineres som effekt/ytelse (Enoksen et. al. 2007). Powertrening beskrives også som en form for eksplosiv styrketrening der vi ofte velger en treningsmotstand som ligger i det området der man klarer å utvikle størst effekt (kraft x hastighet), og hver repetisjon utføres med maksimal mobilisering (intensitet) for å skape størst mulig akselerasjon og hastighet i bevegelsen (Raastad et. al. 2010).

Sammenhengen mellom muskelkraft og hastighet beskrives av kraft-hastighetskurven (Figur 1), og er svært sentral innen styrketrening, særlig powertrening. Den viser at når både kraft (F) og hastighet (V) er ca. 1/3 av det maksimale, er effekten størst (Enoksen et. al. 2007).



Figur 1: Kraft-hastighetskurven (Enoksen et. al. 2007)

V. Spenst / plyometrisk trening

Når vi snakker om eksplosiv styrke / styrketrening, snakker vi ofte om spenst og / eller plyometrisk trening. Spenst = evnen til å hoppe høyt og langt, og evnen til å utvikle stor kraft raskt med en hensiktsmessig teknikk, noe som setter krav til stor relativ muskelstyrke (Enoksen et. al. 2007; Gjerset et. al. 2006). Forklares også som evnen til å hoppe høyt (vertikalt) og langt (horisontalt) (Raastad et. al. 2010). Styrketrening, og da særlig plyometrisk trening, refereres til som de metodene som gir størst effekt på eksplosiv styrke (Santos & Janeira, 2008).

Plyometriske bevegelser innebærer at muskelen eller muskelgruppen strekkes umiddelbart før de forkortes (eksentrisk før konsentrisk). Plyometriske kontraksjoner er vanligst i generelle og idrettsspesifikke bevegelser (Enoksen et. al. 2007). Når vi snakker om plyometrisk trening, snakker vi ofte om stretch-shortening-cycle (SSC), eller strekk-forkortningssyklusen (Raastad et. al. 2010). Hovedprinsippet er at det rekrutteres flere motoriske enheter i muskelen, og at den elastiske energien som lagres i muskelen i den eksentriske fasen, kommer i tillegg til den konsentriske kraften. Dette fører til økt kraft når muskelen strekkes, og er på et høyere nivå når forkortningen starter (Enoksen et. al. 2007; Gjerset et. al. 1992; Katch et. al. 2011).

Trening som involverer hoppbevegelser / plyometriske øvelser har vist seg å føre til signifikant økning i muskelstyrke i underkroppen (Hakkinen & Komi, 1986). Til tross for lav

belastning (kroppsvekt), er det høy power-produksjon, som følge av høy fyringsfrekvens og kraft utviklet under den konsentriske fasen (Newton et. al. 1997). Plyometriske øvelser er kjent som den beste måten å utvikle eksplosivitet på, ettersom hastighet (fyringsfrekvens) ser ut til å være viktigere enn den maksimale styrken. Det anbefales derfor en kombinasjon mellom plyometriske øvelser, samt tung styrketrening (Tricoli et. al. 2005). Plyometriske øvelser har også vist en signifikant økning i hopptester for leggstyrke/spenst, men liten effekt på sprint (Harris et. al. 2000).

Når det gjelder spensttrening er hensikten å utvikle størst mulig kraft innenfor et relativt kort tidsrom. Relativ muskelstyrke står svært sentralt innen spensttrening. Ekstrem hypertrofi kan lede til lavere kontraksjonshastighet i musklene, mens utøvere med høy andel type II-fibre kan utvikle kraft raskt (Gjerset et. al. 1992). Evnen til å rekruttere motoriske enheter i et hierarkisk system står også sentralt (Hennemann-prinsippet). Unntaket er eksplosive muskelaksjoner, og rene eksentriske muskelaksjoner. Ved eksplosive muskelaksjoner rekrutteres alle enheter samtidig, mens for eksentriske muskelaksjoner blir hierarkiet snudd (Raastad et. al. 2010).

Treningsprinsipper / treningsmetoder

Det er utviklet tre hovedteorier innen trening for å utvikle power/effekt (W): eksplosiv styrketrening, maksimal styrketrening og powertrening (Cormie et. al. 2007). Når det gjelder retningslinjer innenfor styrketrening er det anbefalt å trene flerleddsøvelser (hovedøvelser) før enkeltleddsøvelser (isolasjonsøvelser), og høyintensitetsøvelser før lavintensitetsøvelser (Raastad et. al. 2010). Tabell 1 viser en oversikt over anbefalte prinsipper innenfor de ulike typene av styrketrening.

Tabell 1: Treningsmetoder (Enoksen et. al. 2007)

Treningsmetode	Belastning	Serier x repetisjoner	Utførelse
Maksimal styrke	>85 % av 1RM	3 – 6 x 1 – 5	Rask
Hypertrofi	60 – 85 % av 1RM	4 – 8 x 6 – 12	Langsom
Eksplosiv styrke	0 – 100 % av 1RM	4 – 6 x 1 – 5	Maksimal

For å øke maksimal effekt (W), som er viktig for å utvikle størst mulig kraft på kort tid, er det hovedsakelig tre måter å trene på:

- Maksimal mobilisering uten ekstern motstand (som regel hoppøvelser)
- Maksimal mobilisering med lette eller moderate vekter
- Maksimal mobilisering med tunge vekter

Felles for disse er at de skal gjennomføres med maksimal mobilisering i den konsentriske fasen. I tillegg er det hensiktsmessig å kjøre både eksplosiv og tung styrketrening i samme treningsperiode (Raastad et. al. 2010).

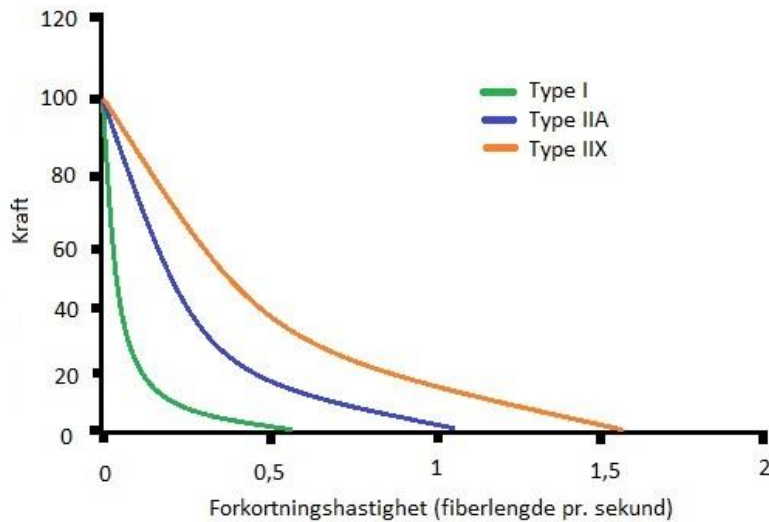
Kombinasjonen av styrketrening og plyometriske øvelser (kontrasttrening) har vist seg å være svært effektivt for å utvikle idrettsspesifikk eksplosivitet / atletisk power (Ebben, 2002). Kontrasttrening har ført til økt forbedring i motoriske enheter (Adams et. al. 1992; Vossen et. al. 2000; Potteiger et. al. 1999), men studier har vist at metoden kan være mer effektiv for menn (Radcliffe & Radcliffe, 1999). Kontrasttrening er en metode som passer best for godt trente personer (Ebben & Watts, 1998).

Kontrasttrening blir også referert til som en metode hvor man kombinerer tung belastning, etterfulgt av lett belastning (Duthie et. al. 2002).

Kontrasttrening / overføringstrening baserer seg på en styrkeøvelse etterfulgt av hurtighetstrening, f.eks. 2 repetisjoner knebøy (85 – 90 % av 1RM) -> 3 vertikale hopp. 10 – 20 sekunders pause mellom øvelsene, 3 -5 minutter pause mellom settene (Verkhoshansky & Siff, 2009).

Fysiologiske faktorer

Videre skal vi se på ulike faktorer for muskelstyrke, nærmere bestemt muskel-skjelettsystemet og sentralnervesystemet. Hurtighet og spenst er avhengig av både vår maksimale og eksplosive styrke. Fibertypefordeling har stor betydning for eksplosiv styrke, men liten eller ingen betydning for den maksimale styrken (Enoksen et. al. 2007). Grovt sett er en type IIA-fiber dobbelt så hurtig som en type I-fiber, og en type IIX-fiber tre-fire ganger så rask som en type I-fiber (Figur 2) (Gjerset et. al. 2006; Raastad et. al. 2010).



Figur 2: Muskelfibertyper (Raastad et. al. 2010)

Ved trening av maksimal muskelstyrke rekrutteres flere muskelfibre, fyringsfrekvensen i de motoriske enhetene tiltar, muskeltverrsnittet øker, forbedret samarbeid mellom muskelfibrene som rekrutteres og en forbedring av de biokjemiske prosessene. Det er også en positiv sammenheng mellom maksimal styrke og prosentandel type II-fibre ved den maksimale muskelstyrken (Gjerset et. al. 1992).

Ettersom kalsium pumpes raskere tilbake til sarkoplasmatiske retikulum i type II-fibre enn type I-fibre, trenger vi lavere fyringsfrekvens for å komme opp i maksimal kraft i type I-fibre (Raastad et. al. 2010).

Styrketrening har vist seg å føre til økning i fascicle (vevet rundt bunter av muskelfiber), og har en høy korrelasjon med evnen til å produsere kraft (Seynnes et. al. 2007). Pennate (finnerte muskel som er festet skrått) vinkelen har også blitt observert å øke ved trening (Blazevich, 2006). Denne økningen sørger for et større antall muskelfiber i et tverrsnitt, og fører til økt muskeltykkelse og styrke (Manal et. al. 2006). En økning i lengden på fascicle betyr enten lengre sarcomerer, eller flere sarcomerer i serie. Når lengden på kontraktile elementer øker, vil også hastigheten på muskelkontraksjonen øke, samt kraften som kan anvendes ved høy hastighet. Ved en økning i pennate, vil flere muskelfiber rekrutteres innenfor et muskeltverrsnitt, som fører til økt kraftutvikling (Blazevich et. al. 2007). Den

ideelle muskelarkitekturen for hopp er ikke nødvendigvis den mest ideelle for sprint (Earp et. al. 2010), og rekrutteringsmønsteret av muskelfibertyper virker å være lik både ved raske og trege muskelkontraksjoner (Munn et. al. 2005).

Genetikk, trening, ernæringsinntak, hormonelle og nevralt faktorer spiller inn, og har en påvirkning på en persons styrke/muskelmasse (Katch et. al. 2011). Viktige faktorer innen spenst og hurtighet:

- Evnen til å skape maksimal kraft (maksimal muskelstyrke)
- Evnen til å utvikle kraft raskt – fyringsfrekvens / Rate of Force Development (RFD)
- Nervensystemets evne til å koordinere bevegelsen
- Fibertypesammensetningen i arbeidende muskulatur
- Muskelfiberens lengde (lange fibre -> større kraft ved hurtige bevegelser)
- Fjærstivhet i muskel-sene-systemet
(Raastad et. al. 2010).

Kontrasttrening stimulerer det nevromuskulære systemet og aktiverer både muskelfiber og nervesystemet, slik at slow-twitch (type I) fibre oppfører seg som fast-twitch (type II) fibre. Videre øker styrketrening de motoriske nevroner og reflekser, som kan føre til bedre treningsforhold for påfølgende plyometrisk trening (Ebben & Watts, 1998)

Kjønnsforskjeller

Eksplisiv trening er beskrevet likt for både menn og kvinner, basert på at kjønn ikke er en faktor som påvirker optimal belastning (Gwendolyn et. al. 2007). Når det kommer til kjønnsforskjeller innen styrke, viser det seg at menn har opptil 50 % større absolutt styrke (1RM) i overkroppen, og 30 % større absolutt styrke i beina enn kvinner (Katch et. al. 2011). Katch hevder at det kan være mer hensiktsmessig å vise til relativ styrke (maksimal styrke / kroppsvekt) når man skal sammenligne styrken (2011). Ettersom spenst handler om å akselerere egen kroppsvekt, stilles det store krav til relativ muskelstyrke (Raastad et. al. 2010).

Problemstilling - Hypotese

Vi har i innledningen sett på hva som definerer styrke og styrketrening. I tillegg har vi sett på ulike metoder for å trene opp eksplosivitet og hurtighet/spenst.

Det finnes mange forsøk som viser effekten av styrketrening opp mot eksplosivitet og spenst, da særlig vertikal spenst. Jeg ønsker i dette forsøket å se på effekten av styrketrening isolert sett opp mot spenst, og i dette tilfelle horisontal spenst. Fokuset har dermed blitt på å styrke baksiden av underkroppen, med hovedfokus på henholdsvis gluteus og hamstring.

Problemstillingen for dette forsøket:

- Kan styrketrening med fokus på gluteus og hamstring føre til forbedring i stille lengde?

Hypotesen er at styrketrening isolert sett kan føre til økt eksplosivitet, som igjen vil gi utslag i forbedret spenst, og dermed føre til en forbedring i stille lengde.

Metode

Alle forsøkspersonene ble informert om hensikten, samt eventuelle farer med forsøket. Forsøkspersonene skrev også under på samtykkeskjema, og kunne trekke seg når som helst, uten å oppgi grunn. Alle etiske retningslinjer ble fulgt i henhold til Helsinki erklæringen.

6 personer, hvorav 3 kvinner og 3 menn deltok (Tabell 2). En mannlig forsøksperson trakk seg grunnet sykdom, og resultatene ble dermed fjernet fra forsøket. Forsøkspersonene var alle idrettsstudenter, hvor alle var kjent med styrketrening i varierende grad. Mindretallet av forsøkspersonene hadde erfaring med eksplosiv / plyometrisk trening.

Tabell 2: Forsøkspersoner

Alder (år)	Høyde (cm)	Vekt (kg) Pre-test	Vekt (kg) Post-test
21,4 ± 2,3	173,6 ± 6,2	72,6 ± 6,6	73,0 ± 6,0

Dette forsøket var et kvasi-eksperiment, der hensikten var å måle effekten av et treningsprogram (avhengig variabel). Designet som ble brukt i dette forsøket var tids-serie design, ettersom treningen ble introdusert flere ganger / repetert. Dette forsøket ble kjørt basert på A-B designet (enkelt tids-serie design), hvor det ble gjennomført pre- og post-test i boksbøy, sumo markløft, og stille lengde. Rekkefølgen på personene under testingen var tilfeldig, men øvelsene ble kjørt i nevnte rekkefølge ved både pre- og post-test. Både pre- og post-test ble kjørt klokken 12:00.

Forsøkspersonene fikk utdelt et 4 ukers treningsprogram, som baserte seg på 2 økter ukentlig, med minimum 72 timers restitusjon mellom hver økt. De fikk ikke lov til å gjennomføre annen styrketrening på bein, men stod fritt til å trene overkropp og/eller utholdenhet som de selv måtte ønske. Hver enkelt person fikk et eget treningsprogram, hvor belastningen var regnet ut i forhold til deres 1 RM i de ulike øvelsene.

For å standardisere inngangen til testingen ble det ble gjennomført individuell generell oppvarming på minimum 10 minutter, og ingen statisk tøyning. I tillegg ble det gjennomført spesifikk oppvarming på baseøvelsen, i form av mindre belastning – flere repetisjoner (f.eks. 8 repetisjoner – 50 % av 1 RM -> osv.). Dette ble gjort ettersom oppvarming fører til raskere

nerveimpulser, at sener og ledd blir mer bevegelig og tåler høyere / raskere belastning, økt temperatur i muskulaturen, som blant annet fører til at de kjemiske prosessene går raskere, og at risikoen for strekk / avrivning av muskulatur blir mindre. Grunnen til at det ikke ble gjennomført statisk tøying, var at studier viser at maksimale prestasjoner som hopp og sprint faller akutt etter statisk tøying.

Tabell 3.1: Treningsprogram – Økt 1

ØKT 1			
Øvelse	Sett - Repetisjoner	Belastning	Pause
Boksbøy	7 sett x 2 reps *	90 %	10 – 20 sek
Vertikale spensthopp (VJ)	7 sett x 3 reps	**	3 – 5 min
Rygghev	4 sett x 10 reps	10 RM	30 – 60 sek

*Uke 1: 7 Sett Uke 2: 8 sett Uke 3: 9 sett Uke 4: 10 sett (samme progresjon på VJ)

**Kroppsvekt

Tabell 3.2: Treningsprogram – Økt 2

ØKT 2			
Øvelse	Sett - Repetisjoner	Belastning	Pause
Sumo markløft	6 sett x 3 reps	65 – 80 % *	1 – 3 min
Reverse hyper	4 sett x 8 reps	8 RM	30 – 90 sek
Glutebridge	4 sett x 10 reps	10 RM	30 – 90 sek
Planke roing	3 sett x 8 reps	**	30 – 60 sek

*Uke 1: 65 % av 1 RM Uke 2: 70 % Uke 3: 75 % Uke 4: 80 %.

**Belastning i form av strikk.

Måleutstyr

- Målebånd – plastikk, 1.5 meter (Hoechst mass – Germany).
- Badegulvsvekt (Waver Emerio International, Hong Kong)
- Reverse hyper / Standing Gluteus (Technogym, Italy)
- Olympisk vektstang – 20 kg (Eurosport, Gymline AS, Norge)
- Olympiske vektskiver m/grep – Gummibelagt (Eurosport, Gymline AS, Norge)

Prosedyre

I. Stille lengde:

Startposisjon merkes opp med teip – testpersonen starter med tåspissen på oppmerket strek. Fotsålen skal ikke forlate gulvet før personen gjennomfører hoppet (ikke lov med dobbelthopp i satsen). Lengden måles fra startposisjon (tåspiss) til landingen (bakerste hæl). Dette måles i centimeter ved hjelp av målebånd. Dersom personen dobbelthopper, eller faller i landingen, er hoppet dødt, og må gjøres på nytt. Alle testpersonene får 3 forsøk i både pre – og post-test, med 1-3 minutter pause mellom hvert forsøk. Beste resultat blir gjeldende.

II. Boksbøy:

Individuell bredde på beinstilling, men må være bred nok til at man får plass til en kasse mellom bena. Høyden på denne kassen skal justeres individuelt så kneleddet er horisontalt eller høyere enn hoftelæddet i bunnposisjon (vertikale leggbein). Personen skal ha et markant stopp på boksen, før den konsentriske fasen.

Anbefales bruk av styrkeløfterbelte, særlig under 1RM testing. Det anbefales også at øvelsen gjøres enten barfot, eller med vektløftersko / sko uten demping.

III. Sumo markløft

Stanga skal ligge død på bakken i startposisjon, løftes kontrollert opp og ned. Personen skal ha kontroll på stanga i topp posisjonen, og ikke slippe stanga ned. Utgangsposisjonen er bred beinstilling, og grepet på vektstangen skal være mellom beina (ca. skulderbredde). Det er tillatt med styrkeløfterbelte og kalk, men ikke bruk av reimer.

IV. Vertikale spensthopp (VJ)

Individuell dybde i den eksentriske fasen, men en pekepinn er ca. 45 grader i kneleddet. Kan bruke armene aktivt, for en viss pendeleffekt. Hver repetisjon starter stillestående, i oppreist posisjon.

V. Rygghev

Utføres i rygghev apparat, eller på kasse. Nærmest mulig 90 grader i hoftelæddet i bunnposisjon, og kroppen i horisontal linje i topp posisjon (unngå hyperekstensjon). Ekstern belastning skal holdes foran brystet, og bevegelsen skal være kontrollert i både eksentrisk og konsentrisk fase.

VI. Reverse hyper

Utføres i Standing Gluteus maskin. Bevegelsen skal være kontrollert, både konsentrisk og eksentrisk. Sluttfasen er når beinet er utstrakt. 1 sett = 8 repetisjoner på både høyre og venstre fot.

VII. Glute bridge

Føttene skal trekkes nærmest mulig rumpa, og bevegelsen skal være kontrollert, særlig i den eksentriske fasen. Mest mulig eksplosiv i den konsentriske fasen. Sluttposisjon er når hoftelrådet er utstrakt.

VIII. Plankeroing

Personen skal ligge i plankeposisjon, og utføre en kontrollert ro bevegelse med ene armen. Bruker strikk for individuell motstand. Kroppen skal holdes mest mulig i ro under utførelsen (anti-rotasjon). 1 sett = 8 repetisjoner på både høyre og venstre arm.

Analyse

Alle talldata som ble samlet inn, ble behandlet i Microsoft Excel-regneark. Det ble foretatt korrelasjonsanalyser, utregning av gjennomsnitt og standardavvik.

Etttersom $n = 5$ ble det ikke gjort signifikanstesting.

Resultat

I gjennomsnitt hadde forsøksgruppen en framgang på 5,4 cm i testøvelsen stille lengde, som var hovedøvelsen i forsøket (tabell 4). I tillegg ser vi en liten gjennomsnittlig framgang i styrketestene boksbøy og sumo markløft.

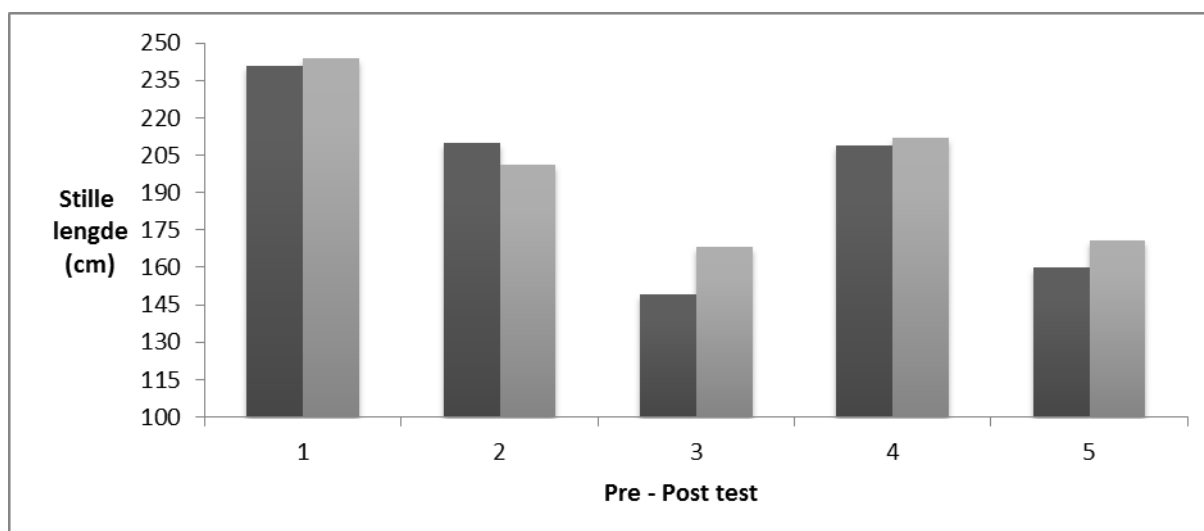
Tabell 4: Resultater – viser gjennomsnittet av testøvelsene i form av pre- og post-test, samt differansen.

<u>Pre-test</u>		
Stille lengde (cm)	Boksbøy (kg)	Sumo markløft (kg)
193,8 ± 38,3	81 ± 29,9	100 ± 38,9

<u>Post-test</u>		
Stille lengde (cm)	Boksbøy (kg)	Sumo markløft (kg)
199,2 ± 31,4	82 ± 34,2	101,5 ± 39,4

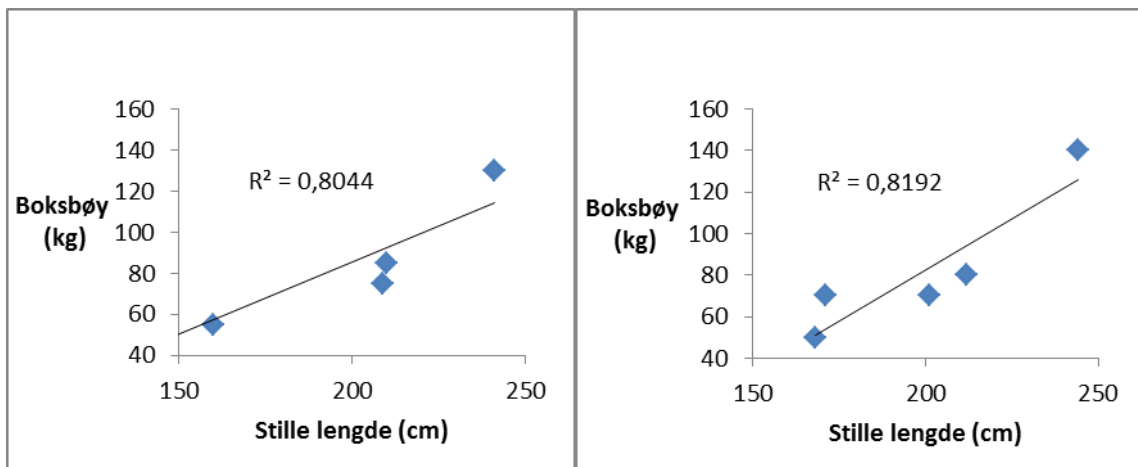
<u>Differanse</u>		
Stille lengde (cm)	Boksbøy (kg)	Sumo markløft (kg)
5,4 ± 10,4	1 ± 12,9	1,4 ± 3,5

Videre ser vi de individuelle resultatene for stille lengde, i form av pre- og post-test (figur 3). Person 2 hadde en nedgang på 9 cm etter 4 uker. De resterende testpersonene hadde framgang på henholdsvis 3 cm (person 1 og 4), 19 cm (person 3) og 11 cm (person 5).



Figur 3: Individuelle resultater – stille lengde. Viser differansen mellom pre- og post-test.

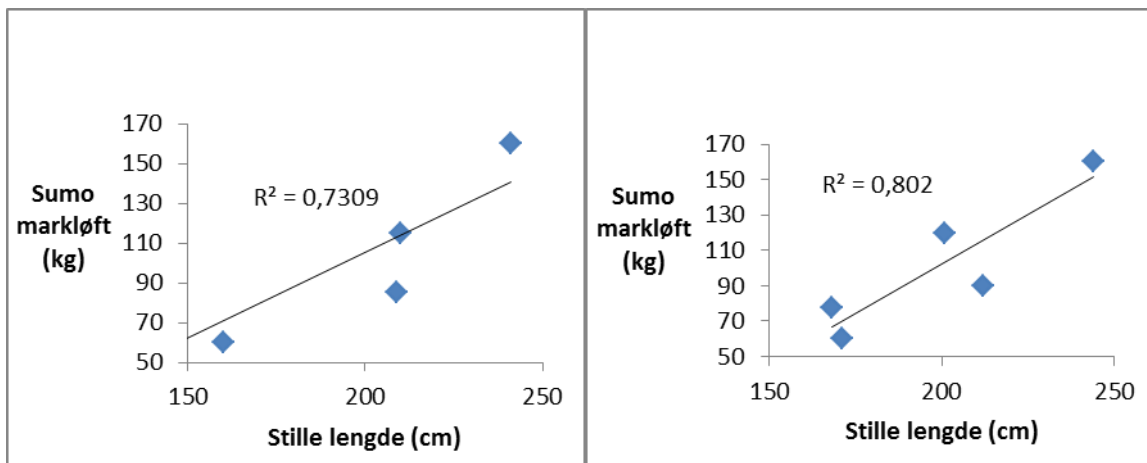
Resultatet av 1RM i boksbøy og resultatet i stille lengde viser en korrelasjon på 80 % i pre-test (figur 4), og en korrelasjon på 82 % i post-test (figur 5).



Figur 4: Korrelasjonsanalyse boksbøy - stille lengde (pre-test)

Figur 5: Korrelasjonsanalyse boksbøy - stille lengde (post-test)

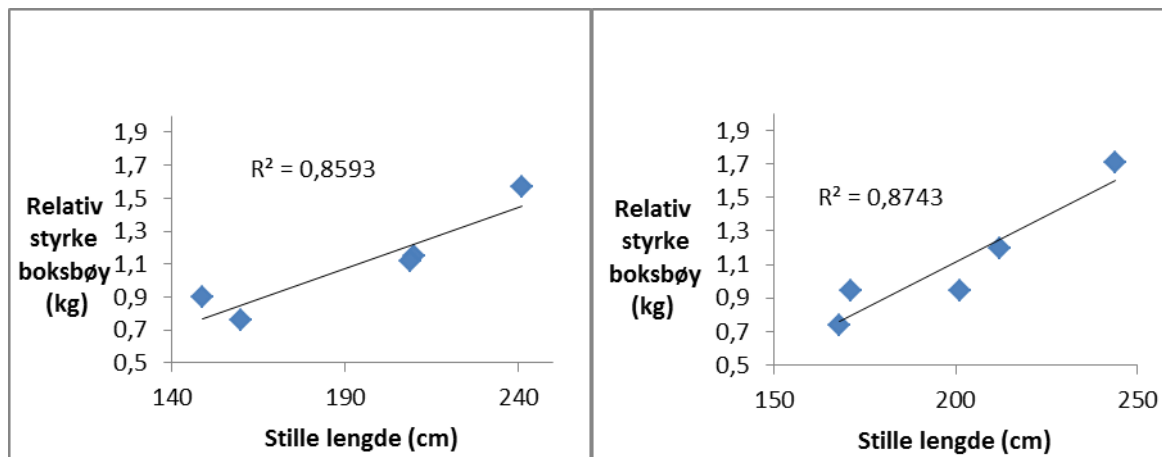
Resultatet av 1RM i sumo markløft og resultatet i stille lengde viser en korrelasjon på 73 % i pre-test (figur 6), og en korrelasjon på 80 % i post-testen (figur 7).



Figur 6: Korrelasjonsanalyse sumo markløft - stille lengde (pre-test)

Figur 7: Korrelasjonsanalyse sumo markløft - stille lengde (post-test)

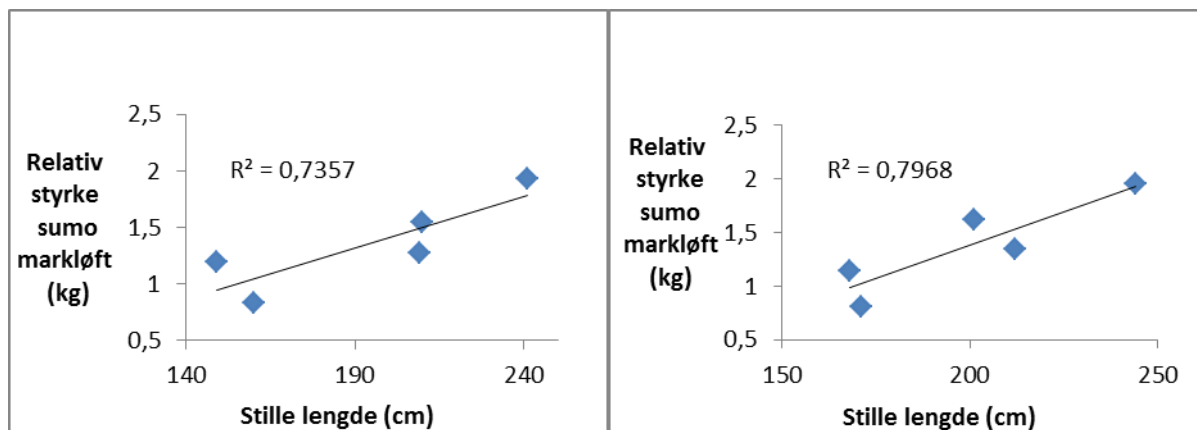
Resultatet av relativ styrke i boksbøy og resultatet i stille lengde viser en korrelasjon på 86 % i pre-test (figur 8), og en korrelasjon på 87 % i post-test (figur 9).



Figur 8: Korrelasjonsanalyse relativ styrke boksbøy - stille lengde (pre-test)

Figur 9: Korrelasjonsanalyse relativ styrke boksbøy - stille lengde (post-test)

Resultatet av relativ styrke i sumo markløft og resultatet i stille lengde viser en korrelasjon på 74 % i pre-test (figur 10), og en korrelasjon på 80 % i post-test (figur 11).



Figur 10: Korrelasjonsanalyse relativ styrke sumo markløft – stille lengde (pre-test)

Figur 11: Korrelasjonsanalyse relativ styrke sumo markløft – stille lengde (post-test)

Tabell 5 viser en minimal økning i den gjennomsnittlige relative styrken, på henholdsvis 0,01 for boksbøy, og 0,02 for sumo markløft.

Tabell 5: Gjennomsnittet av relativ styrke innen boksbøy og sumo markløft

<u>Pre-test</u>	
Boksbøy (kg)	Sumo markløft (kg)
1,10 ± 0,31	1,35 ± 0,41
<u>Post-test</u>	
Boksbøy (kg)	Sumo markløft (kg)
1,11 ± 0,37	1,37 ± 0,44
<u>Differanse</u>	
Boksbøy (kg)	Sumo markløft (kg)
0,01 ± 0,18	0,02 ± 0,05

Diskusjon

Hovedfunn

Tabell 4 viser at et av hovedfunnene i forsøket var at styrketreningen førte til en gjennomsnittlig økning på 5,4 cm i testøvelsen stille lengde. Figur 3 viser at på individuelt nivå hadde 4 av 5 framgang av ulik grad, mens 1 av 5 hadde en liten nedgang. Ser vi på tabell 4 viser den også at den gjennomsnittlige styrken i hovedøvelsene boksbøy og sumo markløft var minimalt forbedret.

Selv om de fleste treningsprogrammer er designet for en periode på 12 uker, vil 4 – 6 ukers styrketrening med høy intensitet være den optimale lengden, sett fra et fysiologisk standpunkt, som nervesystemet kan utsettes for stress uten overdreven belastning eller tretthet (O'Shea, 1979; Adams et. al. 1992).

Resultat opp mot problemstillingen

Problemstillingen for forsøket var å se på effekten av 4 ukers styrketrening opp mot horisontal spenst, hvor hovedfokuset lå på hamstring og gluteus. Hypotesen var at styrketrening alene ville forbedre spensten, og føre til en økning i stille lengde. Tabell 4 viser at gjennomsnittet på pre-testen var 193,8 cm i stille lengde, mens 4 uker senere var gjennomsnittet 199,2 cm, noe som har ført til en gjennomsnittlig forbedring på 5,4 cm. Tar vi for oss de individuelle resultatene i figur 3 ser vi at person 1 hadde en framgang fra 241 cm til 244 cm, og person 4 hadde en framgang fra 209 cm til 212 cm. Begge hadde med andre ord en framgang på 3 cm i sitt beste hopp, noe som kan karakteriseres som en liten framgang. Ser vi på person 3 var framgangen fra 149 cm til 168 cm, mens person 5 hadde en framgang fra 160 cm til 171 cm. Disse to resultatene viser en sterk framgang på henholdsvis 19 cm og 11 cm. Tilslutt ser vi person 2, som hadde en nedgang fra 210 cm til 201 cm, noe som gir en negativ differanse på 9 cm. Basert på disse tallene kan vi konkludere med at 2 hadde en god økning, 2 hadde en svak økning, og 1 hadde en middels til sterk nedgang i resultatene.

Dersom vi tar for oss de 2 personene med lavest framgang, er dette personer som er vant med eksplosiv styrketrening, mens de 2 personene med størst framgang har liten til ingen erfaring med denne formen for styrketrening. For utrente vil man kunne forbedre 1 RM med

30-40 % i løpet av 12 uker med styrketrening (McDonagh & Davies, 1984). Jo bedre treningsgrunnlag / bedre trent man er, jo mindre framgang vil man ha i samme periode (Enoksen et. al. 2007). Dette kan være en medvirkende faktor på at disse to personene hadde en så signifikant framgang sammenlignet med de to andre. Andre faktorer som dagsform, næringsinntak, motivasjon etc. kan også spille inn, og ha innvirkning på resultatet. Dette kan også være med på å forklare hvorfor person 2 hadde en negativ utvikling, men hovedårsaken kan være at personen kun gjennomførte 5 av 8 treningsøkter basert på sykdom. Basert på lite utvalg av testpersoner, valgte jeg å beholde testpersonene, og kjøre post-test, istedenfor å kutte personen fra forsøket.

Boksbøy – stille lengde

Hvis man ser på valget av baseøvelse, er det valgt boksbøy istedenfor konvensjonell knebøy. Den største forskjellen mellom disse to øvelsene, er at boksbøy fjerner SSC, ettersom man har en innlagt stopp i bunnposisjon. Dette fører blant annet til mer oppbremsing i den eksentriske delen, og større krav til eksplosivitet i hoft og quadriceps i den konsentriske delen av øvelsen. Flere studier viser at eksentrisk utførelse er mer effektivt enn konsentrisk når det kommer til utvikling av styrke. Eksentrisk muskelarbeid er også kapabel til å produsere høyere kraft på ca. 20 % mindre oksygenforbruk, karbondioksidproduksjon og energiforbruk sammenlignet med konsentrisk arbeid (Kaminski et. al. 1998). Ser vi på korrelasjonen mellom de ulike individenes resultater innen boksbøy og stille lengde, vil vi se en meget sterk korrelasjon på 80 % i pre-testen (figur 4), og en korrelasjon på 82 % i post-testen (figur 5). Dette resultatet viser at de som løftet mest i boksbøy (1RM), også hoppet lengst i stille lengde. Den dynamiske bevegelsen i knebøy har stor nevromuskulær effekt, og er utmerket til kraftoverføring i lignende biomekaniske bevegelser som krever kraftig fremstøt fra hoft og lår, som vertikale og horisontale hopp (O'Shea, 1985; Adams et. al. 1992). Nevromuskulære tilpasninger kan være en årsak til økningen/framgangen (Cormie et. al. 2007; Sale, 1988).

Under økt 1 (tabell 3.1) var baseøvelsen boksbøy satt opp som kontrasttrening sammen med vertikale spensthopp. Dette ble gjort fordi plyometriske øvelser er beskrevet som en av hovedårsakene til eksplosivitet, som fører til optimal power produksjon (Tricoli et. al. 2005; Adams et. al. 1992). Kombinasjonen av plyometriske øvelser og styrketrening er derfor

anbefalt, og har vist å gi en solid økning i hopp høyde (Cormie et. al. 2007). Andre faktorer som bedre synkronisering, økt koordinasjon og økt muskelstyrke kan også bidra til økning i vertikale og horisontale hopp (Santos & Janeira, 2008).

Sumo markløft – stille lengde

Forskjellen på sumo markløft og konvensjonell markløft er i hovedsak beinstillingen, noe som påvirker aktiveringen av ulike muskelgrupper. Forskning med elektromyografi (EMG) viser at sumo markløft hadde større effekt på vastus medialis, vastus lateralis og tibialis anterior (Escamilla et. al. 2002). I tillegg trenes adductor musklene mer under sumo markløft, mens korsryggen trenes mer under konvensjonell markløft (Delavier, 2010). Om man ser på sammenhengen mellom 1RM i sumo markløft og stille lengde, var korrelasjonen på 73 % i pre-testen (figur 6), og 80 % i post-testen (figur 7). En faktor som kan ha påvirket 1RM resultatet i sumo markløft, er at det ikke ble brukt dra-reimer, noe som kan føre til at grepsstyrken ble en hindring. Det vil si at for personer som hadde liten erfaring med tunge dra-øvelser, vil grepet svikte før muskelgruppen(e) som var hensikten å trene/teste. Adaptasjonen til trening kan føre til utvikling av teknikken (Hunter & Marshall, 2002), noe som kan forklare noe av framgangen.

Relativ styrke boksbøy – stille lengde

Hvis vi tar for oss korrelasjonen mellom relativ styrke i boksbøy og stille lengde, finner vi den sterkeste korrelasjonen. I pre-testen var det en sammenheng på 86 % (figur 8), mens i post-testen var korrelasjonen 87 % (figur 9). Spent handler som tidligere nevnt om styrke i forhold til egen kroppsvekt (relativ styrke). Samtidig viste figur 4 og 5 en sterk korrelasjon mellom boksbøy og stille lengde, som kunne forklares med bevegelsesmønsteret og kraftutviklingen i øvelsen, i forhold til bevegelsen og kraften som kreves i stille lengde. Muskelarkitekturen for hopp er ikke nødvendigvis den samme som for sprint, noe som er viktig med tanke på spesifisitetsprinsippet innen trening. Samtidig er bevegelsen i hopp mye enklere enn i sprint, ettersom massen er sentrert og konstant (Earp et. al. 2010). Stor relativ styrke vil i dette tilfelle bety at man har mer kraft tilgjengelig i forhold til massen man skal flytte.

Relativ styrke sumo markløft – stille lengde

Korrelasjonen mellom den relative styrken i sumo markløft og stille lengde var 74 % i pre-testen (figur 10), og 80 % i post-testen (figur 11). Disse tallene er tilnærmet helt like som korrelasjonen mellom sumo markløft og stille lengde (figur 6 og 7). Sumo markløft er en øvelse som trener nesten hele kroppen, men hovedfokuset ligger på gluteus, quadriceps, hamstring og adductorene. Når det kommer til gå-bevegelsen, er det hamstringen som står for størsteparten av jobben med å rette ut bekkenet (Delavier, 2010). Videre forklarer Delavier at gluteus spiller en større rolle i utstrekningen av hoftelrådet, jo større intensiteten i bevegelsen er. Sett ut i fra de biomekaniske aspektene ved løping / hopping, er hamstring og gluteus musklene svært delaktig (2010). Dette er en årsak til at varianter av markløft har relevans til spenst, og utvikling av power. Som i avsnittet over, er sammenhengen med relativ styrke og spenst svært stor. Når man da i tillegg har en øvelse som er svært relevant for bevegelsen / kraftutviklingen, er det noe av forklaringen på hvorfor korrelasjonene er så sterke.

Relativ styrke – gjennomsnitt

I tabell 5 ser vi gjennomsnittet av relativ styrke i boksbøy og sumo markløft, både pre- og post-test, samt differansen. I boksbøy økte gjennomsnittet av den relative styrken fra 1,10 til 1,11. I sumo markløft var resultatet fra pre-testen 1,35, mens post-testen var 1,37. Dette ga en differanse på 0,01 i boksbøy, og 0,02 i sumo markløft. Disse resultatene viser en minimal økning i gjennomsnittlig relativ styrke.

Ser man individuelt på resultatene i relativ styrke, vil man kunne finne en forklaring på hvorfor framgangen ikke var mer signifikant. Figur 8 og 9 viser at 2 av 5 hadde en negativ utvikling, henholdsvis fra 1,15 til 0,95 og 0,90 til 0,74. De resterende 3 testpersonene hadde en positiv utvikling fra 1,57 – 1,71, 1,12 – 1,19 og 0,76 – 0,95. Tar man i betraktning at personene med negativ utvikling oppga å ha stått opp rett i forkant av testingen, samt ikke inntatt annen næring enn en banan, er det en faktor av stor betydning for resultatet. Dette støttes av at testpersonen med størst negativ utvikling, også hadde nedgang i relativ styrke i sumo markløft, og et dårligere resultat i stille lengde. Det interessante er den ene personen

derimot hadde en lik relativ styrke i sumo markløft, men en betydelig framgang i stille lengde.

Hvis man går videre til de individuelle resultatene i relativ styrke – sumo markløft var det også her 2 av 5 med negativ utvikling, henholdsvis fra 1,19 – 1,14 og 0,83 – 0,81. Ikke like signifikant som relativ styrke i boksbøy. Denne negative differansen var såpass svak, at dagsform, næringsinntak, motivasjon osv. kunne ha vært en påvirkende faktor. Ser man på de 3 med positiv utvikling, viser det seg også her at disse hadde en god framgang, henholdsvis fra 1,93 – 1,95, 1,55 – 1,62 og 1,27 – 1,34. Særlig de to sistnevnte hadde en god framgang i relativ styrke. Det kan også nevnes at enkelte av testpersonene hadde ulik kroppsvekt under pre- og post-test, noe som kan ha hatt en påvirkning på relativ styrke. Man kan f.eks. løftet like mye kg i sumo markløft eller boksbøy, men økt i kroppsvekt. Dette fører til at den relative styrken har blitt svakere. Hvis man ser på treningsprogrammet (tabell 3.1 og 3.2) ser man at enkelte øvelser er satt opp med repetisjoner på mellom 8 – 10 stykker, kjent fra hypertrofitrening. Det kan tenkes av noen av testpersonen, særlig de som hadde liten erfaring på styrketrening på underkroppen, vil ha hatt en økning i muskelmasse, som igjen ville gitt utslag i økt kroppsvekt. Siden vi ikke gjennomførte målinger av fettprosent og kroppstetthet, blir det bare en teori på hva som kan ha påvirket resultatene innen relativ styrke.

Grunnen til at det er interessant å se på de individuelle resultatene, har med den lave størrelsen på utvalget å gjøre. Dette fører til at et individs resultat vil kunne ha en mye sterkere påvirkning på gjennomsnittet / resultatet, enn hva som egentlig er tilfelle. I et større forsøk, med flere testpersoner, ville det vært mer hensiktsmessig og tolket gjennomsnittet i større grad.

Styrke / svakheter

Styrken ved dette forsøket er at det har høy test-retest reliabilitet. Dette basert på at testøvelsene er såpass enkle å standardisere, og at det er liten til minimal fare for instrumentelle forandringer.

En svakhet ved forsøket er utvalgsstørrelsen, samt stor variabilitet i utvalget, da særlig erfaring. Det kan også være en viss fare for seleksjonsfeil, basert på at frivillighet kan være et problem. Med bakgrunn i lite utvalg, ble testpersonene basert på frivillighet.

Forsøket har lav statistisk power, basert på lite utvalg. Dette fører til at det kan være vanskelig å være sikker på at utvalget representerer populasjonen, og føre til økt sjanse for type II feil (Ikke forkaste H_0 , når den skulle vært forkastet – for høyt signifikansnivå).

I tillegg var inngangen til testene svært ulik for testpersonene, særlig med tanke på oppvarming og uavhengige variabler som næringsinntak/kosthold. Enkelte kjørte kun 10 minutter lett jogging, mens andre kjørte 10-15 minutter dynamisk mobilitetsoppvarming, spesifisert for testøvelsene.

Selv om det var anbefalt at testleder deltok på treningsøktene, gjennomførte de fleste testpersonene treningsøktene på egenhånd, noe som fører til at man hverken har kontroll over om øvelsene ble gjort riktig, eller om øktene ble gjennomført. Dette til tross for at det ble anbefalt på det sterkeste at testleder deltok, særlig i startfasen.

Framtidig forskning

Hvis jeg skulle gjort noe lignende i framtiden, eller hatt flere ressurser tilgjengelig for dette forsøket, ville jeg blant annet kjørt 2 – 3 forskjellige testgrupper. F.eks. en gruppe med ren maksimal styrketrening, en med plyometrisk trening, og en kombinasjonsgruppe (kontrasttrening). I tillegg er det selvfølgelig mer hensiktsmessig med et større utvalg testpersoner. Det ville også kunne vært interessant om man hadde gjennomført flere målinger, da i særdeleshet antropometriske målinger. Hadde man i tillegg kunne styrt kostholdet til personene til en viss grad, for og gitt alle mest mulig likt utgangspunkt, ville det vært et særdeles sterkt forsøk.

Konklusjon

Hovedpoenget med dette forsøket var som kjent å finne ut om styrketrening ville ha en positiv effekt på stille lengde. Basert på resultatene, tolkning av disse, samt tidligere forskning, er svaret at styrketrening mest sannsynlig har en positiv effekt på spenst.

Tilslutt vil jeg rette en stor takk til forsøkspersonene som bidro i denne oppgaven.

Referanseliste

- Raastad T, Paulsen G, Refsnes PE, Rønnestad BR, Wisnes AR (2010) Styrketrening – i teori og praksis, *Gyldendal Norsk Forlag AS, 2. Edition, ISBN: 978-82-05-38219-0*
- Gjerset A, Svendsen TM, Enoksen E, Weinholdt T, Vilberg A, Major J, Olsen E (1992) Idrettens treningslære, Norges idrettshøgskole – Norges Idrettsforbund, *Universitetsforlaget, ISBN: 82-00-03303-1*
- Enoksen E, Tønnesen E, Tjelta L (2007) Styrketrening – i individuelle idretter og ballspill, *HøyskoleForlaget AS, ISBN: 978-82-7634-704-3*
- Katch VL, McArdle WD, Katch FI (2011) Essentials of Exercise Physiology, Wolters Kluwer Health, *Lippincott Williams & Wilkins, Fourth Edition, ISBN: 978-1-60831-267-2*
- Gjerset A, Haugen K, Holmstad P, Giske R (2006) Treningslære, *Gyldendal Undervisning, 3. Edition, ISBN-13: 978-82-05-35681-8*
- Warren B. Young (2006) Transfer of Strength and Power Training to Sports Performance, School of Human Movement and Sport Sciences, University of Ballarat, Australia, *International Journal of Sports Physiology and Performance, 1:74-83*
- Newton RU, Murphy AJ, Humphries BJ, Wilson GJ, Kraemer WJ, Hakkinen K (1997) Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements, *Journal of Applied Physiology*
- Cormie P, McCaulley G, McBride J (2007) Power Versus Strength-Power Jump Squat Training: Influence on the Load-Power Relationship, Neuromuscular Laboratory, Department of Health, Leisure and Exercise Science, Appalachian State University, Boone, NC, *American College of Sports Medicine*
- Santos E & Janeira M (2008) Effects of Complex Training on Explosive Strength in Adolescent Male Basketball Players, *Journal of Strength and Conditioning Research*

- Hakkinen K & Komi PV (1986) Training-induced changes in neuromuscular performance under voluntary and reflex conditions, *Journal of Applied Physiology*
- Tricoli V, Lamas L, Carnevale R, Ugrinowitsch C (2005) Short-term effects on lower-body functional power development: weightlifting vs. vertical jump training programs, Department of Sport, School of Physical Education and Sport, University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2005, 19(2), 433-437
- Harris GR, Stone MH, O'Bryant HS, Proulx CM, Johnson RL (2000) Short-Term Performance Effects of High Power, High Force, or Combined Weight-Training Methods, *Journal of Strength & Conditioning Research*
- Willian P. Ebben (2002) Complex training: A brief review, Program in Exercise Science, Marquette University, Milwaukee, WI, USA, *Journal of Sports Science and Medicine* (2002) 1, 42-46
- Adams K, O'Shea JP, O'Shea KL, Climstein M (1992) The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production, *Journal of Applied Sports Science Research*
- Vossen JF, Kramer JF, Burke DG, Vossen DP (2000) Comparison of dynamic push-up training and plyometric push-up training on upper body power and strength, *Journal of Strength Conditioning Research*
- Potteiger JA, Lockwood RH, Dolezal MD, Almuzaini KS, Schroeder JM, Zebas CJ (1999) Muscle power and fiber characteristics following 8 weeks of plyometric training, *Journal of Strength Conditioning Research*
- Radcliffe JC & Radcliffe JL (1999) Effects of different warm-up protocols on peak power output during a single response jump task, *Medicine and Science in Sport and Exercise*
- Ebben WP & Watts PB (1998) A review of combined weight training and plyometric training modes: Complex training, , *Journal of Strength and Conditioning Research*

- Duthie GM, Young WB, Warren B, Aitken DA (2002) The acute effects of heavy loads on jump squat performance: an evaluation of the complex and contrast methods of power development, *Journal of Strength and Conditioning Research*
- Yuri Verkhoshansky & Mel Siff (2009) Supertraining, Sixth Edition, *Ultimate Athlete Concepts, USA, ISBN: 978-88-904038-0-4*
- Seynnes OR, de Boer M, Narici MV (2007) Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training, *Journal of Applied Physiology*
- Blazevich AJ (2006) Effects of Physical Training and Detraining, immobilisation, growth and aging on human fascicle geometry, *Journal of Sports Medicine*
- Manal K, Roberts DP, Buschanan TS (2006) Optimal pennation angle of the primary ankle plantar and dorsiflexors, *Journal of Applied Biomechanic*
- Blazevich AJ, Cannavan D, Coleman DR, Horne S (2007) Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles, *Journal of Sports Medicine*
- Earp JE, Kraemer WJ, Newton RU, Comstock BA, Fragala MS, Dunn-Lewis C, Solomon-Hill G, Penwell ZR, Powell MD, Volek JS, Denegar CR, Häkkinen K, Maresh CM (2010) Lower-body muscle structure and its role in jump performance during squat, countermovement, and depth drop jumps, Human Performance Laboratory, Department of Kinesiology, University of Connecticut, USA; School of Exercise, Biomedical and Health Sciences, Edith Cowan University, WA, Australia; Department of Physiology and Neurobiology, Department of Kinesiology, University of Connecticut, USA; Neuromuscular Research Center, Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä, Finland, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3)/722-729

- Munn J, Herbert RD, Hancock MJ, Candevia SC (2005) Resistance Training for Strength: Effect of Number of Sets and Contraction Speed, School of Physiotherapy, The University of Sydney, NSW, Australia; and Prince of Wales Medical Research Institute, University of New South Wales, NSW, Australia, *American College of Sports Medicine*
- Gwendolyn TA, Kraemer WJ, Spiering BA, Volek JS, Anderson JM, Maresh CM (2007) Maximal power at different percentages of one repetition maximum: influence of resistance and gender, Human Performance Laboratory, Department of Kinesiology, University of Connecticut, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 336-342
- O'Shea JP (1979) Superquality strength training for the elite field event athlete – shot put, discus, javelin and hammer throwers, *Track Field Quart. Review*
- McDonagh, MJ & Davies CT (1984) Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads, *European Journal of Applied Physiology*
- Kaminski TW, Wabbersen CV, Murphy RM (1998) Concentric Versus Enhanced Eccentric Hamstring Strength Training: Clinical Implications, University of Florida, The Physical Therapy Center, Lake City, University of Georgia, Athens, USA, *Journal of Athletic Training*, 1998;33(3): 216-221
- O'Shea JP (1985) The Parallel Squat, *National Strength & Conditioning Association Journal*
- Sale DG (1988) Neural adaptation to resistance training, *Medicine Science of Sports Exercise*
- Escamilla RF, Francisco AC, Kayes AV, Speer KP, Moorman CT (2002) An electromyographic analysis of sumo and conventional style deadlifts, *Medicine Science of Sports Exercise*
- Delavier F (2010) Strength Training Anatomy, *Third Edition*, ISBN: 978-0-7360-9226-5

Hunter JP & Marshall RN (2001) Effects of power and flexibility training on vertical jump technique, Department of Sport and Exercise Science, The University of Auckland, New Zealand, *American College of Sports Medicine*