

IKF210 – Bacheloroppgåve i idrett og kroppsøving

# **Treningsintervensjon med fokus på maksimal og eksplosiv styrketrening hos volleyballutøvarar**

**Kva styrketreningsmetode av eksplosiv knebøy og maksimal knebøy vil gi den største effekten på vertikal spenst hos elite volleyballutøvarar i sesong?**

:

Therese H. Holstad og Siri Stranden

Bachelor i idrett og kroppsøving

Tal ord: 8913



HØGSKULEN  
I VOLDA

## Samandrag

**Formål:** Formålet med denne studien er å samanlikne effekten av maksimal og eksplosiv knebøy på vertikal spenst (primærutfall) og ein repetisjon maksimum knebøy(1RM) (sekundærutfall) hos kvinnelege elite volleyballutøvarar. Knebøy vart trena saman med normal volleyballaktivitet og styrketrening. Hypotesen vår var at så lenge utøvarane opprettheldt normal trening og følgde vår treningsplan ville gruppa som trena eksplosiv knebøy (ESG) i ein kombinasjon med normal volleyball og styrketrening, auke vertikal spenst meir enn gruppa som trena maksimal knebøy (MSG), medan MSG ville auke mest i 1RM knebøy. **Metode:** 10 kvinnelege volleyballspelarar i alderen 15-39 gjennomførte ein intervensjonsstudie bestående av maksimal knebøy eller eksplosiv knebøy. Begge gruppene utførte to økter med knebøy i veka over seks veker. Maksimal styrketreningsgruppe trena med ei belastning på 85-95% 1RM, fire repetisjonar og fire seriar med tre minutt pause mellom seriane, medan ESG trena med hopp med ei belastning på 40% 1RM, fem repetisjonar, fem seriar og tre minutt pause mellom seriane. 1 RM knebøy og counter movement jump (CMJ) vart testa før og etter treningsperioden. **Resultat:** Begge gruppene auka vertikal spenst med høvesvis 12,1% og 7,4% i ESG og MSG. 1RM knebøy auka med 8,9% (71,25 kg ± 10 til 74,5 kg ± 8,9) og 19,4% (70 kg ± 6,4 til 83,6 ± 5,6) i ESG og MSG. Resultata viste at ESG hadde signifikant større forbetring på vertikal spenst, medan MSG hadde signifikant størst auke i 1RM. **Konklusjon:** Studien viser at eksplosiv styrketrening gir størst effekt på vertikal spenst, medan maksimal styrketrening gir størst effekt på 1RM, og at dette individuelt er to viktige faktorar for vertikal spenst. Ein kombinasjon av desse to treningsmetodane kan tyde på å vere den mest effektive treningsmetoden for volleyballspelarar i sesong.

# Innholdsliste

<i>Samandrag</i> .....	1
<i>Definisjonar:</i> .....	3
<b>1.0 Innleiing</b> .....	<b>4</b>
<b>2.0 Teori</b> .....	<b>5</b>
<i>Faktorar som bestemmer vår maksimale muskelstyrke og kraftutvikling</i> .....	5
Muskelfibertype .....	6
Kontraksjonshastigheit .....	6
Faktorar i nervesystemet som bestemmer muskelstyrke .....	7
Evna til å rekruttere motoriske einingar .....	7
Evna til å oppnå optimal fyringsfrekvens .....	8
<i>Spenst</i> .....	9
Kvifor er spenst viktig for ein volleyballutøvar? .....	9
Relativ styrke viktig for spensten .....	9
Rate of force development – RFD .....	10
Trening for å auke RFD .....	10
Power .....	11
<i>Trening av muskelstyrke og eksplosive eigenskapar</i> .....	11
Maksimal styrketrening .....	11
Eksplosiv styrketrening .....	12
Kombinasjon av maksimal og eksplosiv styrketrening .....	13
<b>3.0 Metode</b> .....	<b>13</b>
<i>Subjekt</i> .....	13
<i>Testar</i> .....	14
Spenst: Counter movement jump (CMJ) .....	14
Maksimal styrke: 1RM i knebøy .....	15
<i>Treningsintervensjonen</i> .....	15
Gjennomføring av styrketrening .....	16
<b>4.0 Resultat</b> .....	<b>16</b>
<i>Fysiologiske endringar</i> .....	17
Individuelle endringar i tid til maksimal kraft og maksimal RFD .....	18
<b>5.0 Diskusjon</b> .....	<b>18</b>
<i>Vertikal spenst</i> .....	18
<i>RFD og tid til maksimal kraft</i> .....	19
<i>Maksimal styrke og power</i> .....	20
<i>Måleusikkerheit og reliabilitet knytt til resultata</i> .....	21
<i>Styrker og svakheiter med studien</i> .....	21
<b>6.0 Konklusjon</b> .....	<b>23</b>
<b>Referanseliste</b> .....	<b>24</b>
<b>Vedlegg</b> .....	<b>30</b>
<i>Vedlegg 1: Informasjonsskriv</i> .....	30
<i>Vedlegg 2: Samtykkeerklæring</i> .....	33
<b>Bibliografi</b> .....	<b>35</b>

## Definisjonar:

**Akselerasjon ( $m/s^2$ ):** endring av et legemes hastigheit per tidseining. I styrketrening inneber dette som oftast at vi sette i gang rørsle av enten eiga kroppsvekt eller ytre motstand. Dette kan bli gjort med stor akselerasjon (krev lett motstand) eller med liten akselerasjon (eit naturleg følgje av å løfte mot svært tung ytre motstand) (Raastad et al., 2010, s. 554)

**Power:** arbeid per tidseining. Spenst og akselerasjon vert i engelsk litteratur omtalt som power – evna til å kontrahere raskt med stor kraft (Rønnestad og Raastad, 2010 s.225).

**Eksentrisk muskelaksjon:** muskelforlengelse under kraftpåføring (McArdle et al., 2015, s. 503)

**Eksplisiv styrke:** evna til å utvikle størst mogleg kraft hurtig (Raastad et al., 2010, s. 13)

**Konsentrisk muskelaksjon:** muskelforkorting under kraftpåføring (McArdle et al., 2015, s. 503)

**Maksimal styrke:** den største krafta vi klarer å utvikle ved langsame bevegelser (eksentrisk og konsentrisk eller isometriske aksjonar) (Raastad et al., 2010, s. 13)

**Motorisk eining:** ei motorisk forhornscelle og alle dei tilhøyrande muskelfiber (Hall, 2019, s. 141)

**Muskelstyrke:** den maksimale kraft eller moment ein muskel eller ei muskelgruppe kan skape ved ein spesifikk eller forutbestemt hastigheit (Raastad styrke idrett s. 9)

**Plyometrisk muskelaksjon:** styrketrening som innleiest med ein eksentrisk muskelaksjon før ein går over på konsentrisk muskelaksjon, dette utførast raskt slik ein muskel strekker seg litt før den konsentriske handlinga: og gir ein strekkrefleks for å auke muskelstyrken (McArdle et al., 2015, s. 503)

**Relativ styrke:** krafta ein klarer å utvikle i forhold til eiga kroppsvekt, kg løfta eller kraft utøvd delt på kroppsmasse, kroppsvekt (McArdle et al., 2015, s. 508)

**Repetisjon:** en komplett treningsbevegelse som vanlegvis består av konsentriske og eksentriske muskelaksjonar eller ein komplett isometrisk muskel aksjon (McArdle et al., 2015, s. 503)

**Sett:** eit forhandsbestemt antal av repetisjonar som skal utførast (McArdle et al., 2015, s. 503)

**Spenst:** evna til å kunne hoppe høgt (vertikal spenst) eller langt (horisontal spenst) (Raastad et al., 2010, s. 555)

**Strekkapparatet:** består av m. soleus, m. gastrocnemius, m. quadriceps, m. sartorius, m. gluteus maximus og delar av m.biceps femoris

**Stretch-shortening cycle:** eksentrisk samantrekning etterfølgt av umiddelbar konsentrisk samantrekning (Hall, 2019, s. 501)

**Styrke:** den maksimale krafta ein muskel eller ei muskelgruppe kan skape (McArdle et al., 2015, s. 503)

**Styrketrening:** all trening som er ment å utvikle eller vedlikehalde vår evne til å skape størst mulig kraft (eller dreiemoment) ved ein spesifikk eller forutbestemt hastigheit (Raastad et al., 2010, s. 13)

## 1.0 Innleiing

Volleyball vart oppfunne i 1895 av William G. Morgan i Holyoke, Massachusetts, USA og på litt meir enn eitt århundre har volleyball vokse til å bli ein av dei mest populære idrettane i verden (Reeser & Bahr, 2003). Idretten vert rekna å vere verdens største idrett målt i antal utøvarar og medlemsland, og Federation Internationale de Volleyball (FIVB) har anslått at over 1 milliard menneske over heile verden spelar volleyball på ulike nivå. I Norge finn ein rundt 330 klubbar og om lag 21 000 medlemmar (Norges Volleyballforbund, u.d.).

I volleyball vil intensitetsnivået variere mykje, ein går frå korte hyppige periodar med høg intensitet, til periodar med lågare intensitet (Gabbet og Georgieff, 2007). På høgt nivå er volleyball ein svært krevjande idrett. Ein kamp kan vare i over to timar og utøvarane skal på denne tida gjennomføre mange hopp ved nettet og raske rørsler i forsvar. Idretten stiller difor store krav til utøvarane sine atletiske ferdigheiter og evna til å hoppe høgt, raskt og eksplosivt er nokre av dei viktige eigenskapar (Reeser & Bahr, 2003, Norges Volleyballforbund, u.d.). Antal hopp som vert utført per sett vil variere ut i frå kva posisjon ein spelar, men Kraemer og Häkkinen (2002) har gjennomført ein studie som rapportera at ein kvinneleg volleyballutøvar hoppar i gjennomsnitt 12 hopp per sett og at høgste notering i studien var om lag 35 hopp på ein spelar. Hos kvinnelege utøvarar har ein observert at høgda på utøvarane og den vertikale spensten hang saman med rangering og plassering av laget, medan ingen samanheng vart sett av lag deltatt i mannlege turneringar (Ziv & Lidor, 2010). Den vertikale spensten handlar om kor høgt ein klarer å hoppe, med andre ord evna til å utvikle stor vertikal kraft på kortast mogleg tid (Enoksen & Tønnesen, 2007).

Häkkinen (1993a) har vist til at for å oppretthalde eksplosiv styrke og evna til vertikal spenst bør mengda og utforminga av både motstand- og eksplosiv treningsstimuli gis nøye merksemd og oppfølging av i løpet av ein konkurransesesong. Han rapporterte at dersom trening av tung styrketrening vart stoppa for lenge (5,5 veke) og ein berre gjennomførte eksplosiv styrketrening, vart det observert nedgang både i den maksimale og eksplosive styrken (Häkkinen, 1993a). Likevel har ein annan studie av Häkkinen (1993b) vist at kvinnelege basketballspelarar auka i vertikal spenst ved trening av berre eksplosiv styrke over ei 22-vekers tid i konkurransesesong. Med avgrensa moglegheit og tid til trening i sesong bør planlegging av trening takast nøye omsyn til. Det må fokuserast på det som er mest relevant for volleyballutøvarane, altså den raske kraftutviklinga. For at idrettsutøvarane skal vere i stand til å optimalisere kraftutviklinga, må trenarane vite om og vere i stand til å trene den kvaliteten samtidig som ein opprettheld maksimal styrke i løpet av ein sesong. For å legge til rette for trening av desse eigenskapane må ein først identifisere faktorane som bestemmer dei nemnte eigenskapane (Raastad, 2010). Dette viser til viktigheita av teoretisk kunnskap og forskning knytt til den spesifikke idretten. Til tross for at deltakinga innan profesjonelt nivå fortset å auke, er det ein klar mangel på forskning av

prestasjonsegenskapar for kvinnelege volleyballspelarar (Newt(1RM) on, Kraemer, WJ, Häkkinen, 1999) og basert på vårt søk i databasar, er det lite tilgjengeleg data for trenarar av eliteutøvarar i sesong og lite forskning gjort på kvinnelege utøvarar.

Målet med denne studien var med bakgrunn i manglande tidlegare forskning på kvinneutøvarar å undersøke to ulike styrketreningsmetodar med tanke på å auke vertikal spenst hos kvinnelege elite volleyballutøvarar. Ettersom utøvarane er inne i sesong og at volleyballutøvarar får mykje plyometrisk hopp trening (PL) gjennom idretten, samt eit lite utval. Valde vi å fokusere berre på maksimal styrketrening og eksplosiv styrketrening, med isolert fokus på å undersøke knebøy sin effekt på den vertikale spensten. Utøvarane gjennomførte normal trening gjennom heile treningsintervensjonen, men vart randomisert delt inn i to grupper i styrkeøvinga knebøy: maksimal styrkegruppe (MSG) og eksplosiv styrkegruppe (ESG).

**Problemstilling:** *Kva styrketreningsmetode av eksplosiv knebøy og maksimal knebøy vil gi den største effekten på vertikal spenst hos elite volleyballspelarar i sesong?*

## 2.0 Teori

### Faktorar som bestemmer vår maksimale muskelstyrke og kraftutvikling

Styrke vert definert som evna til maksimal kraftutvikling ved både raske og langsame forkortingshastigheitar i muskulaturen og vi kan dele styrke inn i maksimal og eksplosiv styrke. Maksimal styrke er den største krafta ein person klarer å utvikle ved langsame rørsler eller isometrisk kontraksjon, medan eksplosiv styrke er knytt til den største krafta ein kan utvikle ved forkortingshastigheit i musklane (Raastad, Paulsen, Wisnes, Rønnestad og Refnes, 2010).

Kor mykje kraft som vert utvikla under rørsler vert bestemt av fleire faktorar:

- Tal på motoriske einingar som vert rekruttert
- Muskelens lengde ved start av rørsle – dersom muskelen er utstrekt i start vil færre myosinhovud få feste i aktin og kontraksjonen vil ikkje bli optimal
- Kontraksjonshastigheit
- Fyringsfrekvens
- Utnytting av strekkrefleks, arbeidsveg og utgangsposisjon
- Muskelens tverrsnitt
- Oppvarming
- Energitilførsel
- Mekaniske forhold

(Smith, 2009).

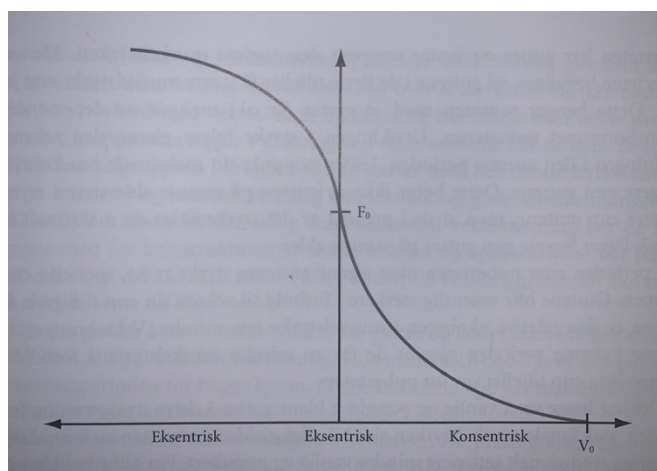
Maksimal og eksplosiv styrke vert bestemt av nokre av dei same faktorane, i tillegg vil enkelte faktorar, for eksempel fibertypfordeling kunne spele ei stor rolle for eksplosiv styrke, men liten eller ingen betydning for maksimal styrke (Raastad, Rønnestad et al., 2010).

### Muskelfibertype

Dei ulike muskelfibertypar i kroppen som kan delast inn i tre hovudgrupper, der kvar har sin eigenskap - type I, type IIa og type IIb. I studien vil type IIa og type IIb vere dei mest sentrale og utslagsgivande for prestasjon knytt til vertikal spenst (Hall, 2019). Korleis fordelinga er hos kvar enkelt person er sannsynlegvis genetisk bestemt, men kan til ein viss grad vere trenbart. Ei motorisk eining har berre ein type muskelfiber, men forskjellige motoriske einingar inneheld ulike fibertypar (Haug, Sand og Sjaastad, 1992). Type I er dei langsame og uthaldande fibrane, og vil ikkje spele ei stor rolle hos volleyballutøvarar. Type II-a har noko meir styrke og raske fiber og dei aerobe faktorane er ikkje like gode som type I. Type II-b er dei mest sterke, hurtige og eksplosive fibera med anaerobe eigenskapar. Fiberen er lite uthalden og har få aerobe eigenskapar (Haug, Sand og Sjaastad, 1992). Ein volleyballutøvar som utøver mykje eksplosive rørsler i idretten vil kunne dra stor nytte av stor andel typ II-b fiber.

### Kontraksjonshastigheit

For sjølve kraftutviklinga vil muskelen si kontraksjonshastigheit ha mykje å seie (sjå figur 1, Hills Kurve). Samanhengen mellom hastigheit og kraft kan enkelt demonstrerast gjennom motstandstrening der ekstremt tung belastning vert løfta i ein rekke rørsler med låg hastigheit. På eit punkt vil belastninga bli så stor at hastigheita når null, og ein isometrisk muskelkontraksjon oppstår. Tidlegare vart dette punktet tradisjonelt sett på som det målbare referanseindeks for maksimal muskelkraft, medan ein i dag bruker maksimal dynamisk kraft (1RM), som den maksimale vekta ein kan løfte gjennom eksentrisk-konsentrisk muskelarbeid som referanseindeks for maksimal muskelkraft (Peterson, 2006).



**Figur 1:** Skjematisk oversikt over den utvida kraft-hastigheitskurva, der V er hastigheit og F er kraft (Hill- kurva) (Enoksen og Tønnesen, 2007, s. 87).

Den aller største krafta får ein difor ved ein eksentrisk muskelkontraksjon.. Ein kontraksjon av muskelen skuldast glidebevegelsar av desse filamenta (Fastin, 2018). Aktin og myosin er to protein i muskelfibra som dannar aktin og myosinfilament (Fossum, 2019; Kåss, 2019). Aktinfilamenta er bygd opp av det kuleforma proteinet, aktin, som heng etter kvarandre som perler på ei snorr. Myosinfilamenta består av myosin-II, eit langstrakt protein med globulært hovud. Desse er forma slik at myosinhovuda kan ta tak i aktinfilamenta og skape ein kontraksjon i muskelen (Fasting, 2018). Det er nettopp overlappinga av proteina aktin og myosin som utgjer kor mykje kraft ein klarer å utvikle. Ved eksentrisk arbeid vil truleg den elastiske eigenskapen til myosinhovuda gjere at dei klarer å halde tak i aktinfilamenta lenger, noko som fører til svært stor kraftutvikling. Ved høg kontraksjonshastigheit vil fleire myosinhovud skifte tak på same tid, noko som vil gi overlappinga og antal myosinhovud i inngrep pr. tidseining lågare enn ved låg kontraksjonshastigheit (Raastad, Nilsson, Enoksen, Gjerset, 2015)

Trening av maksimal styrke vil kunne påverke muskelen sin eigenskap til å utøve større kraftutvikling ved låg ytre rørslehastigheit, medan trening av eksplosiv styrke vil kunne gjere muskelen i stand til å utøve større kraftutvikling ved stor forkortingshastigheit. Eit viktig og spesielt aspekt er hastigheitsspesifisitet, som inneberer at motstandstreninga gir størst gevinst ved den hastigheita det vert utført i (Peterson, 2006). Dette vil med andre ord sei at styrketrening ved høg mostand og låg hastigheit (maksimal styrketrening) ikkje vil gi optimal forbetring av rørsler ved lav motstand og høg hastigheit (eksplosiv styrketrening) og motsett.

### **Faktorar i nervesystemet som bestemmer muskelstyrke**

Krafta i ei muskelgruppe blir og bestemt av kor mange motoriske einingar som er rekruttert, og kva kraft vi utviklar i dei aktiverte einingane. Når fleire ledd er involvert i å skape kraft mot et underlag, i til dømes ein sats, byrja reguleringa av kraft i ulike muskelgruppe å bli komplisert, og mange forhold spelar inn på kraftutviklinga (Raastad og Paulsen, 2010).

### **Evna til å rekruttere motoriske einingar**

Krafta som vert utøva av ein muskel er avhengig av antal motoriske einingar som vert rekruttert til rørsle og hastigheita som dei motoriske einingane utnyttar handlingspotensialet med (Heckman & Enoka, 2012). Dei motoriske einingane vert rekruttert i ein ordna sekvens. Dersom vi treng liten kraft i ein muskelkontraksjon, rekrutterer vi dei minste einingane, når vi skal utvikle større kraft i ein isometrisk muskelkontraksjon, aktiverast fleire og større einingar. I tillegg til å regulere krafta i ein muskelaksjon ved antal motoriske einingar, kan vi bruke fyringsfrekvens til å regulere krafta i kvar einskild einingar (Raastad og Paulsen, 2010; Hall, 2019).

Som oftast vil ein nytte antal einingar som er rekruttert, til å regulere kraft opp mot ca. 80% av maksimal kraft, derifrå må ein auke fyringsfrekvensen i kvar eining for å komme frå 80% og opp mot maksimal kraft. Difor har vi i dei fleste tilfelle aktivert alle våre motoriske einingar før vi har oppnådd maksimal kraft, men det finst nokon unntak. I eksplosive muskelkontraksjonar, ønska vi å skape størst mogleg



kraft på kortast mogleg tid. Då aktiverast sannsynlegvis alle einingane samtidig. Eit anna unntak er i eksentriske muskelaksjonar (Raastad og Paulsen, 2010).

I maksimale eksentriske muskelaksjonar kan det vere utfordrande å aktivere alle motoriske einingar, eller å aktivere dei involverte einingane maksimalt. Dette kjem fram ved at enkelte klarer å auke den maksimale krafta ved eksentrisk muskelarbeid etter berre få forsøk. Grunnar til dette er truleg fordi man legg inn ein sikkerheitsmargin dei første gongane man skal gjer eit maksimalt eksentrisk arbeid, og frykta for skader forsvinn etter kvart som man har vendt oss til arbeidsforma. Ved smerter under ein muskelkontraksjon er det stor sannsynlegheit for at ein ikkje klarer å aktivere enkelte musklar maksimalt (Raastad og Paulsen, 2010). Samanfatta kan ein sei at det er aktiviteten til dei motoriske einingane som er med på å bestemme størrelsen og retninga til krafta som vert utøva i ein muskel. Nervesystemet gir det ønska resultatet og verknaden ved å variere krafta som er bidrege av kvar enkelt motorisk eining og antal einingar som er aktivisert for den gitte rørsla (Heckman & Enoka, 2012).

### **Evna til å oppnå optimal fyringsfrekvens**

Kor tett aksjonspotensiala kjem etter kvarandre, avgjer i kva grad vi får ei kumulativ auking av kalsium i cytosol ved ein muskelaksjon, som vil sei ei opphoping av kalsium (Raastad og Paulsen, 2010). Ofte vil dei første aksjonspotensiala vere av høgare frekvens enn dei som kjem seinare. Desse vert kalla dublettar eller triplettar, fordi det kjem ofte to eller tre signal rett etter kvarandre for å sette i gong muskelkontraksjonen. Dette skjer for å kunne auke kalsiumkonsentrasjonen raskt og då oppretthalde nivået etterpå (Raastad og Paulsen, 2010). Så lenge neste utslepp av kalsium frå sarkoplasmatiske retikulum (SR) kjem før det førre blir pumpa tilbake, får vi eit auke i kalsiumkonsentrasjonen. Ved å oppnå ein fyringsfrekvens på om lag 30-40 Hz (hertz) vil ein kunne oppnå maksimal kraft i ein type I fiber, medan ein hos type II fiber må ha ein fyringsfrekvens på 40-70 Hz. Grunnen til dette er at i type II fiber vert kalsium pumpa tilbake til SR mykje raskare enn i ein type I fiber. Dersom ein opprettheld denne fyringsfrekvensen i dei ulike muskelfibertypane aukar kalsiumkonsentrasjonen nok til å kunne frigjere alle bindingsstadane på aktin og man vil kunne oppnå maksimal aktiveringsgrad av muskulaturen ved eksplosiv styrketrening på rundt 40-70 Hz (Raastad og Paulsen, 2010). Ved fullstendig eksplosive kontraksjonar kan ein oppnå ein fyringsfrekvens på om lag 60-120 Hz på dei første aksjonspotensial, men ein oppnår ikkje høgare maksimal kraft ved slike duplettar eller triplettar i ein langvarig kontraksjon (over 500ms). Det kan derimot føre til hurtigare kraftutvikling, og i all form for eksplosiv trening ynskjer man at fyringsfrekvensen skal vere så høg som mogleg for raskast mogleg kraftutvikling (Raastad og Paulsen, 2010).

## **Spenst**

Spenst handlar om kor høgt eller langt ein klarer å hoppe, med andre ord evna til å utvikle stor kraft på kortast mogleg tid (Enoksen & Tønnessen, 2007). Musklane utøver sjeldan kraft gjennom ein rein konsentrisk, eksentrisk eller isometrisk kontraksjon i rørsler og spesielt innan idrettar vil musklane som oftast strekkast umiddelbart før dei vert forkorta. Dette vert kalla ein plyometrisk kontraksjon eller «The Stretch-Shortening-Cycle» (Enoksen og Tønnesen, 2007). Plyometrisk kontraksjon startar ved at musklane utfører eksentrisk aksjon rett før ein konsentrisk aksjon. Ei slik rørsle fører til større konsentrisk kraft enn dersom same rørsle vert utført utan eksentrisk aksjon først. Grunnen til at krafta aukar når musklane først vert strekt og er på eit høgare nivå når forkortinga statar er rekruttering av motoriske einingar. Gjennom ein plyometrisk kontraksjon får ein rekruttert fleire einingar og den elastiske energien som vert lagra i muskelen under den eksentriske fasa, kjem i tillegg til krafta som vert produsert og tilført i den konsentriske fasen (Enoksen & Tønnessen, 2007; Enoksen, 2015).

### **Kvifor er spenst viktig for ein volleyballutøvar?**

I ein studie av mannlige eliteutøvarar vert det presentert at menn gjennomfører opp mot 300 raske rørslemønster i ein fem-settskamp, der over 50% av desse er ein form for hopp (Hasegawa, et al., 2002). I ein annan analyse av mannlige internasjonale volleyballspelarar, presenterte Sheppard et.al (2007) at oppleggarar og angrepsspelarar utførte minst ein hoppbevegelse under kvar ballveksling som i gjennomsnitt varte i 12 sekund. Tillmann et al. (2004) presenterte i ein analyse av to kampar at kvinnelege utøvarar i gjennomsnitt hadde 45 hoppørsler utført av kvar spelar. Høgda på nettet i kvinneleg volleyballkamp er 2.24 m og 80% av alle poeng i ein kamp kjem enten frå angrepsslag eller blokk ved nettet (Voight & Vetter, 2003). Dette viser at i tillegg til tekniske og taktiske ferdigheiter, er muskelstyrke og evna til kraftutvikling i muskel-senesystemet i underekstremitetens strekkapparat, samt den vertikale spensten viktige fysiologiske faktorar i idretten, og vil gi ein klar fordel for suksess ved deltaking på høgt nivå.

### **Relativ styrke viktig for spensten**

I nervesystemet kan ein finne adaptive endringar som kan løfte motorisk nevroneffekt, dette skjer i stor grad på grunn av den raske og store styrkeauken utan auke i muskelstorleik eller muskeltverrsnitt, som ein kan observere tidleg i treninga (McArdle, Katch, & Katch, 2015). Denne typen styrkeauke gjer at ein får ein større relativ muskelstyrke, styrke i forhold til eiga kroppsvekt, noko som innanfor kroppsberande idrettar og spesielt volleyball er svært viktig. Ein utøvar si relative styrke er ein viktig faktor for å kunne skape stor akselerasjon av eiga kroppsvekt, og den relativ styrken i strekkapparatet i beina er difor ein bestemmende faktor for spensten (Rønnestad og Raastad, 2010). For å hoppe høgast mogleg må ein utføre størst mogleg arbeid i satsen og ettersom ein har avgrensa med tid i satsen, er evna til rask utvikling av stor kraft viktig for god spenst. I volleyball og fleire andre idrettar er det svært sentralt å kunne utvikle maksimal kraft på kortast mogleg tid. Dette vert kalla RFD – «rate of force development» eller kraftmobiliseringsnivå og er den konsentriske kontraksjonen av rørsla (Enoksen og

Tønnesen, 2007). Den eksentriske fasen av rørsle er også sentral når det kjem til vertikal spenst. Stretch-shortening cycle (SSC) er ei rørsle som startar eksentrisk for så å veksle over til konsentrisk arbeid (Nicol et al., 2006).

### **Rate of force development – RFD**

Kraftutviklingshastigheita (RFD) er avhengig av muskelen si evne til å rekruttere raske motoriske einingar og av fibertypesamansetting (Enoksen og Tønnesen, 2007). Frekvensen av aksjonspotensiala vil i tillegg bestemme kor raskt kalsiumkonsentrasjonen vil stige, og også dermed kor raskt bindingsstadane på aktin vert frigjort (Raastad & Paulsen, 2010). Ved å utøve maksimal kraft så hurtig som mogleg kan ein få mykje informasjon om evna til å skape kraft hurtig, også kalla eksplosiv styrke eller RFD. Kraftutviklingshastigheita er eit direkte mål på eksplosiv styrke og kor raskt ein utøvar kan utvikle kraft. Det er definert som hastigheita dei kontraktile elementa i muskelen kan utvikle kraft og fortel oss noko om kor raskt krafta stig i starten av ein muskelaksjon (Aagaard et al., 2002; Raastad og Paulsen, 2010). Senene sine eigenskapar kan også vere med på å påverke kor hurtig krafta stig i ein maksimal muskelaksjon (Raastad & Paulsen, 2010).

Rate of force development er antatt å vise seg i løpet av “stretch-shortening cycle” (SSC), som er ei pre-stretch eller countermovement-handling som ein ofte ser i hopping. I denne eksentriske fasa vert muskelsenene strekt og det vert lagra potensiell energi i senene som kan overførast til mekanisk arbeid under ei konsentrisk fase etterpå (Nicol et al. 2006). Denne rørsle tillèt utøvaren å produsere meir kraft og utføre rørsle raskare (Komi, 2000). Forsking har vist at idrettsutøvarar hoppa om lag 2-4 cm høgare dersom hoppet vart innleia med ein motbevegelse/svikt (CMJ), mot eit knebøyhopp (SJ) utan svikt (Bobbert og Casius 2005). Bakgrunnen for dette er at CMJ operera med ei pre-stretch svikthandling, medan ved SJ startar rørsle frå ein statisk posisjon utan bruk av pre-stretch (Turner og Jeffreys, 2010).

### **Trening for å auke RFD**

Både tung styrketrening og styrketrening med eksplosive rørsler har vist seg å ha ein sterk effekt på RFD. Vila-Chã et al. (2010) viste resultat med 33% høgare RFD verdiar i quadriceps muskulaturen etter 6 veker med tung styrketrening på bein (beinpress, leg curl og leg extension – 60-85% 1RM). Fleire studiar tyder også på at trening som involverer eksplosive muskelkontraksjonar er den mest effektive treningsmetoden, uavhengig av belastninga som vert nytta. Ein studie viste at 4 veker med leg extension trening ved bruk av maksimal tilsikta RFD og maksimal toppkraft (MTK) gav markant større resultat av RFD og muskelaktivering enn trening på lågare intensitet (75% MTK) (Tillin & Folland, 2014). Aagaard et al. (2002) og Andersen et al. (2009) har også bevist at bruken av ikkje-eksplosiv, men tung styrketrening (over 75% 1RM) også kan gi effektiv auke i RFD. Det som RFD ikkje tek høgde for eller sei noko om er arbeidsvegen, noko som i ei hoppørsle er svært sentralt. Power (W) kan difor vere ein betre predikator for den vertikale spensten.

## **Power**

Power/maksimal effekt (W) vert definert som arbeid/kraft per tidseining. I engelsk litteratur vert spenst og akselerasjon omtalt som power – evna til å kontrahere raskt med stor kraft (Rønnestad og Raastad, 2010). Stor kraftutvikling vil blant anna vere avhengig av ein høg maksimal styrke (1RM) og muskelkraft vert sett på som svært nødvendig for sport som inneheld mykje spurt, hopp og eksplosive rørsler. Eit auke i power vil gjere det mogleg for ein gitt muskel å produsere like mykje power på kortare tid eller større arbeid på den same tida (Peterson et al., 2006). Avgjerande element for å oppnå høgast mogleg vertikal spenst og power er høg maksimal styrke (1RM) og høg RFD, i kombinasjon med låg kroppsvekt (som gir stor relativ styrke) og gunstig arbeidsveg vil dette kunne føre til høg power og igjen stor og høg akselerasjon (Kramer og Newton, 2000).

## **Trening av muskelstyrke og eksplosive eigenskapar**

### **Maksimal styrketrening**

Maksimal styrketrening vert sett på som den styrketreningsmetoden som gir størst auke i muskelstyrke (Campos et al., 2002; Raastad og Rønnestad, 2010). Denne typen trening vert gjennomført med ei belastning på 80-95% av 1RM, 3-5 repetisjonar, 4 seriar og 3-5 minutt mellom seriane og har gjennom forskning vist å forbetre spenst med 5.1-10% (Wilson et al. 1993; Tricoli et al. 2005; Helgerud et al. 2011). Øvingane skal gjennomførast roleg eksentrisk, kort stopp i botnposisjon og maksimal mobilisering i den konsentriske fasen. Ved trening på denne måten med lange pausar sikrar ein seg at ein ikkje trøyttar ut muskulaturen, men ein får nullstilt nervesystemet slik muskulaturen er utkvilt og har ein god konsentrasjon. Slik styrketrening med lengre pausar vil ta ned det metabolske stresset, som igjen fører til auka muskelstyrke utan hypertrofi og muskelvekst. Slik styrketrening er svært gunstig i kroppsberande idrettar då den gir auke i muskelstyrke utan auke i kroppsvekt i form av auka muskelmasse, noko som gjer at utøvarane får ein større relativ styrke. Den tunge belastninga har vist seg å stimulere til den fysiologiske responsen for auke i muskelstyrke og at tung belastning i større grad fører til auka mobilisering, som og er ein faktor for stimuli til auka muskelstyrke (Sale, 1988; Häkkinen, 1989; Behm og Sale, 1993). I tillegg til eit auke i muskelstyrke og 1RM, har maksimal styrketrening gjennom forskning også vist seg å forbetre hoppøgde og power (Adams et al., 1992; Fatourus et al., 2000; Wilson et al., 1993). Sjølv om maksimal styrketrening vil ha låg rørslehastigheit samanlikna med eksplosiv styrketrening, ser det ut til å kunne auke rørslehastigheita utan ytre belastning så lenge maksimal styrketrening vert gjennomført med maksimal mobilisering (Rønnestad og Raastad, 2010).

Bruken av ein slik treningsmetode vert også støtta av blant anna Hennemanns størrelsesprinsipp. Det går ut på at ein må rekruttere alle dei motoriske høgterskeleiningane for å klare å overvinne den tunge motstanden (Hennemann et al., 1965). Sjølv om den faktiske rørslehastigheita er låg ved tung styrketrening, ser det ut til å kunne ha ein effekt på auka rørslehastigheit utan ytre motstand og maksimal power. Så framt ein gjennomfører øvinga så raskt som mogleg med maksimal mobilisering i den konsentriske fasen (Rønnestad og Raastad, 2010). Maksimal styrke spelar ei viktig rolle i utvikling av

power, så med andre ord kan den maksimale effekten aukast dersom vi betrar vår maksimale styrke. Eit anna argument for kvifor maksimal styrke er hensiktsmessig er den høge korrelasjonen mellom maksimal styrke og ein persons evne til å produsere power ved både låg og høg motstand (Rønnestad og Raastad, 2010).

### **Eksplosiv styrketrening**

For idrettar som krev kraftige og framdrivande rørsler, som blant anna volleyball, brukar idrettsutøvarar ei spesiell form for trening, kalla plyometrisk styrketrening eller eksplosiv hopp trening (McArdle et al., 2015). Eksplosiv styrketrening vert gjennomført med det same pause, serie- og repetisjonsaspektet som ved maksimal styrketrening. Forskjellen på dei to treningsmetodane ligg i den ytre belastninga. Eksplosiv styrketrening trenast ofte med lett til moderat belastning mellom 0-80% av 1RM, og har gjennom forskning vist å kunne forbetre spenst med 3.9 - 17.6 % (Wilson et al., 1993; Newton et al., 1999; Khlifa et al., 2010). I følgje Newton og Kraemer (1994) er belastninga der man produserer den største mekaniske effekt innan eksplosiv styrketrening ei belastning som tilsvara rundt 30-40% av 1RM i knebøy. Forskjellen i kraftproduksjonen mellom maksimal og eksplosiv styrke er at man i eksplosiv styrke hoppar over den gradvise rekrutteringa av muskelfiber og samtlege av dei motoriske einingane som produserer krafta vert rekruttert så raskt som mogleg (Newton og Kraemer, 1994).

Eksplosiv styrketrening sin verknad på styrke og spenst har blitt undersøkt i fleire studiar, og har blitt rapportert å forbetre individet si evne til kraftutvikling (Markovic, 2007; Häkkinen et al., 1985b, Adams et al., 1992; Wilson et al., 1993; Tricoli et al., 2005; Fry et al., 1991). Wilson et al., (1993) gjennomførte ein treningsintervensjon i ti veker, på personar som hadde trena styrke i minst eit år, der gruppa som trena eksplosiv styrketrening oppnådde eit signifikant betre resultat i CMJ enn dei som trena maksimal styrketrening. Medan andre studiar har rapportert at det ikkje er betydeleg effekt på vertikal spenst etter rein plyometrisk styrketrening (Canavan et al., 2004; Herrero et al., 2006). I studiar gjennomført av Newton, Kraemer og Häkkinen (1999) og Fatourus et al. (2000) vart det rapportert auke i vertikal spenst på elite volleyballspelarar ved trening av plyometrisk styrketrening over 8-12 veker. Samtidig presenterer Fatourus at ein kombinasjon av eksplosiv styrketrening og maksimal styrketrening produserer betydeleg større auke i vertikal spenst enn eksplosiv styrketrening aleine (Fatourus et al., 2000).

Studiane over som har gitt betydelege forbetringar i utøvars vertikale spenst har alle funne sted i pre- eller off-season. Häkkinen (1993a) har vist at det kan førekomme ein reduksjon i anaerob kraft i løpet av ein volleyballsesong, og at det med bakgrunn i den forskinga er viktig å forstå korleis spesifikke treningsprogram kan bidra til å oppretthalde eller auke utøvarar evne til vertikal spenst. Newton et al. (2006) prøvde å svare på dette gjennom ein 11 vekers studie av 14 kvinnelege NCAA 1. divisjons utøvarar. I dei sju første vekene var maksimal styrke vektlagt og i dei fire siste vart eksplosiv styrke vektlagt. Resultat frå studien viser at utøvarane sin vertikale spenst-ytelse vart betydeleg redusert etter sju veker maksimal styrketrening, og betydeleg auka etter fire veker eksplosiv styrketrening. Resultata

i studien til Newton (2006) er i tråd med funn rapportert av Häkkinen (1993a) som tyder på at eksplosiv styrketrening har til hensikt å maksimalisere muskeleffekt som krevst for å oppretthalde vertikal spenst. Argumentasjonen for å nyttiggjere seg av eksplosiv styrketrening er fordi ein under slik trening oftast oppnår høgast power, samt at ein oppnår størst framgang ved den hastigheita ein trenar på. Ein kan sjå ein korrelasjon mellom power i beina og akselerasjonsevne av eiga kroppsvekt (Rønnestad og Raastad, 2010).

### **Kombinasjon av maksimal og eksplosiv styrketrening**

Fleire studiar presentert i dei to føregåande avsnitta har vist at både eksplosiv styrketrening og maksimal styrketrening gir effekt på den vertikale spensten i ulik grad. Fatourus (2011) gjennomførte ein studie med både maksimal, eksplosiv og ei kombinasjonsgruppe. Det vart presenterte at gruppa som forbetra den vertikale spensten mest var kombinasjonsgruppa. Tidlegare forskning gir ikkje eit eintydig svar på at den eine treningsmetoden er betre enn den andre, då fleire faktorarar som treningsbakgrunn og utgangspunkt kan spele inn på resultatata i dei ulike treningsmetodane.

På bakgrunn av til dels manglande forskning på temaet og fleire ujamne og ikkje klare eller eintydige resultat på vertikal spenst knytt til ulike treningsmetodar, så vil vi gjennomføre ein studie som ser på kva styrketreningsmetode av eksplosiv knebøy og maksimal knebøy som vil gi den største effekten på vertikal spenst hos elite volleyballspelarar i sesong.

Problemstilling er difor kva styrketreningsmetode av eksplosiv knebøy og maksimal knebøy vil gi den største effekten på vertikal spenst hos elite volleyballspelarar i sesong?

## **3.0 Metode**

Vi har gjennomført ein intervensjonsstudie med pre-post design, der gruppene er kvarandre sin kontroll. Deltakarane vart ved loddrekning, tilfeldig delt i to intervensjonsgrupper. Prosjektet gjekk over åtte veker, der første og siste veka var testveker. Gruppene trena knebøy to gongar i veka i seks veker, og testa CMJ og 1RM knebøy før og etter treningsperioden. Utøvarane var i løpet av treningsperioden inne i sesong, på bakgrunn i det i valte difor å fokusere berre på knebøy for å kunne isolere effekten av treninga mot ei spesifikk øving og dermed sjå knebøy sin effekt på spenst.

### **Subjekt**

Deltakarane blei rekruttert gjennom at dei spelar på same lag som ein av oss. For å kunne delta i studien måtte man ver frisk og skadefri. Utøvarane som deltok i studien i starten var 12 kvinnelege volleyballspelarar i alderen 15-39. Alle utøvarane var erfarne med styrketrening, difor vart det ikkje lagt ned mykje tid til teknikktraining i forkant. Under treningsperioden opprettheldt utøvarane normal aktivitet som før, noko som også innebar ein del styrketrening og volleyballtrening. Før studien starta fekk deltakarane skriftleg og munnleg informasjon om prosjektet, og alle måtte signere eit samtykkeskjema godkjent av NSD (utøvarar under 18 år måtte få underskrift av ein føreset for å delta).

Datainnsamlinga er godkjent av NSD, og alle deltakarane har fått beskjed at dei kan trekke seg frå prosjektet når som helst utan å oppgi grunn. To av utøvarane valde undervegs i studien å trekke seg.

**Tabell 1. Utøvarkarakteristikk**

	<b>Maksimal styrketreningsgruppe (MSG)</b>	<b>Eksplisiv styrketreningsgruppe (ESG)</b>
<b>Personar</b>	6	4
<b>Alder</b>	23 ± 5	22 ± 8
<b>Kroppsvekt</b>	66,9 ± 2,9	70,2 ± 7,8

Verdiane er gjennomsnitt ± standardavvik. Kroppsvekt målt i kilogram.

## Testar

Regelmessig testing er ein naturleg del av treningsprosessen i prestasjonsretta idrett, samt testing for å etterprøve effekten av treninga er viktig for toppidrettsutøvarar så vel som for mosjonistar. Testing gir ein auka grad av kontroll når det kjem til justering av treningsbelastning for optimal progresjon (Enoksen og Tønnesen, 2007).

Ein test eller øving bør ikkje forstyrrast av at resten av kroppen er fiksert, dei bør vere enkle og involvere få ledd. Det er svært få øvingar som tilfredsstillar desse krava (Refsnes, 2010). I studien er det inkludert to testar, counter movement jump og knebøy, dei er valt ut fordi dei er relevante og nøyaktige. For å gjennomføre ein god test, utvikla vi ein detaljert testprotokoll for gjennomføring og utarbeidde klare kriterium for å godkjenne eller underkjenne testen (Refsnes, 2010).

Testane i studien blei gjennomført på to ulike dagar med ein kviledag i mellom, der spenst (CMJ) vart testa fyrst og 1RM knebøy to dagar etter.

## Spenst: Counter movement jump (CMJ)

Når ein skal måle ein person sin vertikale spenst vert denne testen ofte nytta. Den gir høg validitet ettersom den har stor relevans for prestasjonen, i dette tilfelle spensten, som ein ynskjer å forbetre (Refsnes, 2010). Counter movement jump vert gjennomført som eit knebøyhopp med svikt utan armsving. Hoppa vart gjennomført på ei kraftplattform som bereknar krafta testpersonen utviklar mot bakken i satsen, tid i svevet og den vertikale spensten (hoppøgda). Testing av spenst på kraftplattform har høg nøyaktigheit (Refsnes, 2010), noko som fører til at testen blir påliteleg, det vil sei at den har høg reliabilitet. Høg reliabilitet fortel noko om reproduserbarheit og målesikkerheit (Dalland, 2018). Kraftplattforma som blei nytta i gjeldande studie er “Kistler type 5691A”, DAQ system with bioware (USB1616FS-B), (2021 Kistler group, Sweden).

Som oppvarming nytta testpersonane standard kampoppvarming, i tillegg til spensthopp over småhekkar i til saman 10-15 minutt før testen starta. Når ein skal gjennomføre CMJ testen skal ein stå fullstendig stille på kraftplattforma med henda i hoftefeste og på klarsignal frå testledar skal det skje ein umiddelbar

svikt i kneleddet før maksimal sats opp. Kvar utøvar hadde tre forsøk, med eitt minutt pause mellom kvart hopp, der det beste resultatet blei tatt med vidare.

### **Maksimal styrke: 1RM i knebøy**

1RM knebøy er ein viktig og funksjonell øving for å måle styrken i strekkapparatet i beina, difor nytta vi denne øvinga som testøving. I studien blei knebøy gjennomført både som test og som øving. Dette er ei øving som variera i djupna på løftet, og for at det skal ver ein god reliabel test i knebøy må øvinga alltid utførast i eksakt same stilling. Det vart tydeleg lagt fram ved gjennomgang av treningsprogrammet korleis knebøy skulle gjennomførast. Deltakarane utførte knebøy til 90 grader vinkel i kneleddet både ved trening og testing. Utføring som ikkje oppfylte krav om 90 grader vart underkjent.

For rett utføring av øvinga skal vektstonga leggest nedanfor nakkevirvelen, den skal kvile på øvre del av trapezius og bakre del av deltamuskelen, men ikkje direkte på nakken. Ein skal ha ei naturleg rett ryggstøyle og skulderbredde avstand mellom beina. Bøy kne- og hoftelddet til 90 graders vinkel i knea, stopp rørsle, og press tilbake til startstilling. Pass på at knea peika i same retning som tærne under heile øvinga. Under testinga nytta vi sikring på begge sider av utøveren.

Før 1RM test i knebøy hadde utøvarane først ti minutt med generell oppvarming, jogging eller sykling. Deretter byrja spesiell oppvarming, med følgjande belastning:

- 12 repetisjonar på 50% av estimert 1 RM
- 8 repetisjonar på 60% av estimert 1RM
- 4 repetisjonar på 80% av estimert 1 RM
- 2 repetisjon på 85% av estimert 1 RM

Deretter la ein til 2,5-5 kg og gjennomførte 1 repetisjon heilt til utøveren ikkje klarte meir. Mellom kvart sett vart det utført ein pause på 3-5 minutt (Støren, Helgerud, Støa, Hoff, 2008; Refsnes, 2010).

### **Treningsintervensjonen**

Utøvarane vart delt inn i to randomiserte grupper der målet var å forbetre spensten i løpet av seks veker. Testpersonane er ein del av eit toppidrettslag som allereie trener regelmessig styrketrening og som er midt i sesong. Ettersom vi ikkje kunne endre treningsopplegget som dei allereie følgjer på grunn av seriespel, valde vi å fokusere på ein spesifikk øving - knebøy. Eine gruppa skulle trene maksimal knebøy og den andre skulle trene eksplosiv knebøy med hopp to gongar i veka. Planen som vi la opp for knebøy skulle inngå som ein del av den allereie oppsette styrketreninga til utøvarane for at treningsperioden skulle bli mest mogleg lik som normalt.

I treningsplanen trena begge gruppene knebøy til 90 grader, med same metode – roleg eksentrisk fase og maksimal mobilisering og kraft i konsentrisk fase.



**Tabell 2. Treningsplan**

Treningsplan			
	Belastning	Repetisjonar/sett	Pausar
Maksimal knebøy	85-95 % 1RM	4x4	3 minutt
Eksplisiv knebøy med hopp	40 % 1RM	5x5	3 minutt

### Gjennomføring av styrketrening

Gruppe 1: Maksimal knebøy til 90 grader

Start treninga med spesifikk oppvarming på låg belastning før ein går over til maksimal belastning på 85-95% av 1RM (Raastad og Refsnes, 2010). Plasser stanga med vektene godt nedanfor nakkevirvlane og ikkje for langt oppe på nakken, stå med skulderbreiddes avstand med føta. Kneledd og hofteldd skal bøyast kontrollert til 90 grader, herifrå skal ein gi maksimal innsats opp til startstilling. Ved gjennomføring av trening var det viktig å presisere for deltakarane at ein ikkje skal trene MSG på eigenhand då det er viktig med sikring under trening med høg belastning.

Gruppe 2: Eksplisiv knebøy til 90 grader med hopp

Startposisjon i denne øvinga er oppreist stilling med skulderbreidd avstand med vektstonga plassert over skuldrene litt nedanfor ryggvirvlane. Ein styrketrena person bør ha ein belastning på 40-65% av 1RM når man trener eksplisiv styrke, og 30-45% av 1RM for ein utrena person for å oppnå maksimal power (Rønnestad og Raastad, 2010). Øvinga startar med at ein rolig sviktar kne og hofteldd til 90 grader, før ein gir maksimal innsats og hastigheit opp i hopp og landar med skulderbreiddes avstand med beina.

## 4.0 Resultat

Ti utøvarar fullførte treningsperioden og alle utførte 95-100% av dei planlagde øktene. Resultata i studien viser at styrketreningsmetoden som gav størst auke i den vertikale spensten hos utøvarane var ESG med  $12,1\% \pm 22,5$ , medan MSG auka  $7,4\% \pm 26,9$ . Studien viser ingen signifikant auke i muskelstyrke og 1RM hos ESG ( $4,6\% \pm 10,4$ ), medan MSG auka med  $19,5\% \pm 12,4$ . Ingen signifikante endringar i kroppsvekt vart funne hos utøvarane gjennom studien.

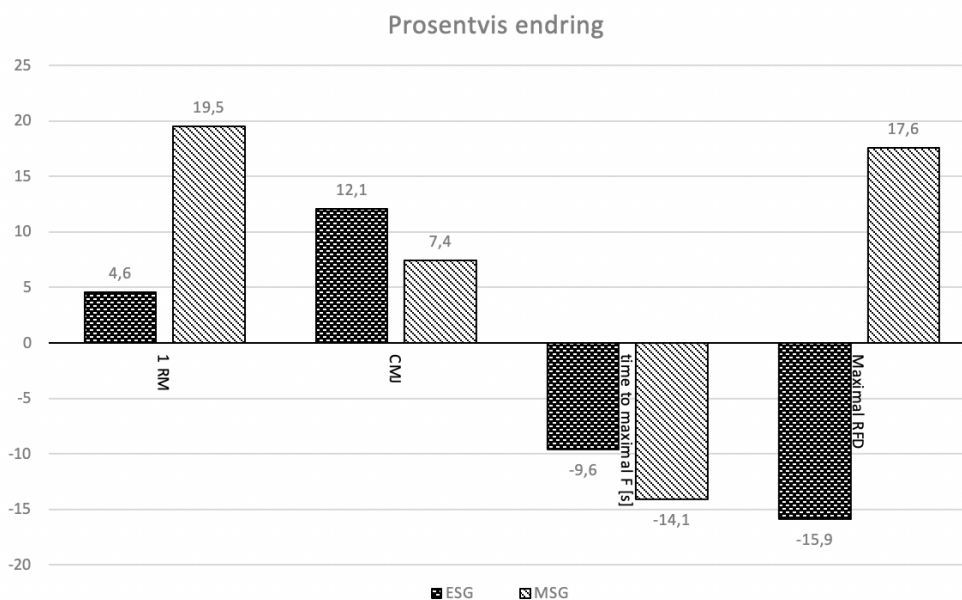
## Fysiologiske endringer

Tabell 3. Fysiologiske endringer ved trening av maksimal og eksplosiv knebøy

	MSG (n = 4)			ESG (n = 6)		
	Pre	Post	Effect size	Pre	Post	Effect size
<b>Spent</b>						
<b>CMJ</b>	21,3 ± 2,9	22,8 ± 2,8	d=0,53	18,1 ± 2,5	21,1 ± 3,1	d=1,07
<b>Styrke</b>						
<b>1RM knebøy</b>	70 ± 6,4	83,6 ± 5,6	d=2,34	71,3 ± 10	74,5 ± 8,9	d=0,37
<b>Max P (W/kg)</b>	42,4 ± 6,1	47,6 ± 1,8	d=1,02	42,4 ± 4,3	43,7 ± 4,6	d=0,30
<b>Gjennomsnittspower(W)</b>	1240 ± 121	1364 ± 40	d=1,38	1331 ± 247	1399 ± 266	d=0,26
<b>Kraftutvikling</b>						
<b>Maksimal RFD</b>	4241 ± 489	4987 ± 1566	d=0,64	8792 ± 6785	7396 ± 5115	d=0,23
<b>RFD-EF</b>	3683 ± 380	3415 ± 547	d=0,57	7786 ± 5521	3994 ± 1527	d=0,94
<b>RFD-KF</b>	4364 ± 612	4619 ± 2189	d=0,21	6925 ± 5395	4236 ± 1495	d=0,67
<b>Gjennomsnittskraft (F)</b>	997 ± 489	1005 ± 52	d=0,02	1017 ± 135	1031 ± 122	d=0,10
<b>Tid til maksimal F</b>	0,85 ± 0,22	0,77 ± 0,24	d=0,35	1,07 ± 0,10	0,92 ± 0,39	d=0,21

Verdiane viser gjennomsnitt ± standard avvik. MSG = maksimal knebøy-gruppe. ESG = Eksplosiv knebøygruppe. Counter movement jump (CMJ) målt i cm. 1RM knebøy målt i kg. Maksimal power oppgitt i W/kg. Gjennomsnittspower målt i watt (W). RFD er eit uttrykk for eksplosiv styrke og målast i Newton per sekund i kvadrat ( $M \cdot s^{-1}$ ). Samt gjennomsnitt i eksentrisk fase (RFD-EF) og konsentrisk fase (RFD-KF). Gjennomsnittskraft målt i newton. Tid til maksimal kraft målt i sekund. d= effect size.

## Prosentvis endring



Figur 2. ESG = Eksplosiv styrkegruppe. MSG = maksimal styrkegruppe. viser prosentvis endring i vertikal spent (CMJ), 1 RM knebøy, tid til maksimal kraft og maksimal RFD. Negativ prosentvis endring i tid til maksimal kraft viser forbetra tid.

## Individuelle endringer i tid til maksimal kraft og maksimal RFD

Tabell 4.

MSG (n=4)			ESG (n=6)		
	Tid til maksimal F (s)	Max RFD (N/s)		Tid til maksimal F (s)	Max RFD (N/s)
1	0,66	+ 3365	1	0,10	+ 136
2	0,01	-410	2	0,14	+762
3	0,06	+212	3	0,24	-5630
4	+0,11*	-180	4	0,16	+ 278
			5	0,03	-4541
			6	+0,08*	+626

Verdiane viser individuell positiv eller negativ endring i rate of force development (RFD) og tid til maksimal kraft frå pre-test til post-test for å sjå samanhengen mellom tid og maksimal kraft. MSG = maksimal knebøygruppe. ESG = Eksplosiv knebøygruppe. \*= viser auka tid til maksimal kraft frå pre- til post-test, resten av verdiane er oppgitt i forbetra tid.

## 5.0 Diskusjon

I følgje resultatata har både eksplosiv styrketrening og maksimal styrketrening vist seg å gi effekt på den vertikale spensten og den maksimale styrken i strekkapparatet i beina. Begge gruppene auka i vertikal spenst, med høvesvis 12,1% og 7,4% i ESG og MSG. 1 RM knebøy auka med 4,5% ( 71,25 kg ± 10 til 74,5 kg ± 8,9) og 19,5% (70 kg ± 6,4 til 83,6 kg ± 5,6) i høvesvis ESG og MSG. Vidare viser resultatata at ESG hadde størst betring på vertikal spenst, meda MSG gav størst auke i 1RM knebøy. Begge gruppene hadde eit godt styrkegrunnlag frå tidlegare, og at begrensninga på den vertikale spensten kan difor ligge i hastigheita på kraftutviklinga.

### Vertikal spenst

Ved å studere figur 2 som presenterer prosentvis auke av vertikal spenst gjennom CMJ, vil ein sjå at ESG har hatt ein prosentauke på  $12,1 \pm 22,5\%$ , og MSG har hatt prosentauke på  $7,4 \pm 26,9\%$ . Desse resultatata frå gjeldande studie er i samsvar med studiar av Wilson et al., (1993), Adams et al., (1992) og Newton et al.,(2006) som alle viste at eksplosiv styrketrening gav signifikant større auke i vertikal spenst enn maksimal styrketrening aleine. Utøvarane som har auka den vertikale spensten mest er dei som har trent med ei hastigheit som er meir lik den hastigheita ein testar på. Desse resultatata samsvarar med prinsippet om spesifisitet, som inneberer at motstandstrening gir størst auke i den hastigheita det vert utført i (Peterson, 2006). I høvesvis til spesifisitetsprinsippet må øvingane vere spesifikke for treningsmetoden og intensiteten, samt treningsprogrammet må byggast på dei viktigast fysiologiske faktorane som er kritiske for optimal ytelse i den gitte idretten (Kenney, Wilmore, & Costill, 2012).

Studiane som har gitt tydelege resultat på vertikal spenst har funne sted før eller etter sesong. Noko som kan gjer at ein ikkje fullt kan samanlikne vår studie med tidlegare forskning, då vår er gjennomført i sesong. Häkkinen (1993a) har som presentert i teorien vist at det kan førekome ein reduksjon i anaerob kraft i løpet av ein volleyballsesong og at dette kan svekke resultat. At vi til tross for at utøvarane var i sesong har fått eintydige resultat på vertikal spenst gjennom trening av eksplosiv trening styrkar difor

våre resultat. Individuelle resultat i 1RM og CMJ er ikkje presentert, men når vi studerte dei individuelle resultata kunne vi sjå at dei utøvarane som har hatt hardast trening totalt (volleyball + styrketrening) gjennom treningsintervensjonen, er dei som har hatt lågast auke eller nedgang i vertikal spenst. Dei same utøvarane er og dei som har hatt liten eller ingen auke i 1RM, noko som samsvarar med studien til Häkkinen (1993a). Han presenterte viktigheita av å oppretthalde eller auke ein utøvar sin muskelstyrke for maksimal prestasjon på vertikal spenst gjennom ein sesong. Studien til Newton et al., (2006) viser og viktigheita knytt til kunnskap, forståing og bruk av riktig treningsmetode ved at vertikal spenst var betydeleg redusert etter sju veker med maksimal styrketrening, og betydeleg auka etter fire veker med eksplosiv styrketrening. Resultata presentert i figur 2 som viser prosentvis endring er i tråd med funn i studien til Newton (2006) og funn rapportert av Häkkinen (1993a) som begge tyder på at eksplosiv styrketrening har til hensikt å maksimalisere den muskeleffekten som krevst for å oppretthalde vertikal spenst hos volleyballutøvarar.

Adams et al., (1992) presenterte i sin studie at maksimal styrketrening hadde auka med 3,3 cm, eksplosiv styrketrening med 3,81 cm og ein kombinasjon av dei to med 10,27 cm i vertikal spenst. Også denne studien peikar igjen på viktigheita knytt til kunnskap om kva treningsmetode som gir den beste effekten på vertikal spenst. Dersom ein hadde hatt fleire utøvarar tilgjengeleg hadde ei gruppe som trena ein kombinasjon av maksimal styrketrening og eksplosiv styrketrening vore interessant å inkludere. Ein kan også i gjeldande studie sjå at ettersom begge gruppene har auka vertikal spenst, og med tanke på Newtons 2. lov, vil ei auke i maksimal kraft i strekkapparatet i beina gjennom maksimal styrketrening, samt eit auke i hurtig kraftutvikling gjennom eksplosiv styrketrening gi den beste effekten på vertikal spenst. Resultata til Adams et al., (1992) viser og at både eksplosiv kraft og maksimal kraft er nødvendige faktorar for forbetring av vertikal spenst, men at dei saman vil gi større auke i vertikal spenst enn dei vil aleine, det same viser Fatouros et al., (2000) til. I konkurransesong vil ein volleyballspelar på høgt nivå ha avgrensa med tid og moglegheit til å utføre styrketrening, det er difor viktig at treninga blir mest mogleg effektiv. Det oppnår ein ved å velje riktig type treningsmetode, som for ein volleyballspelar vil det vere mest relevant med raske kraftanstrenging. Gjennom å trene denne kvaliteten og samtidig oppretthalde maksimal styrke gjennom MSG, vil utøvaren få maksimal utbytte av treninga knytt opp mot vertikal spenst.

### **RFD og tid til maksimal kraft**

I figur 2 og tabell 4 finn ein individuelle endringar samt prosentvis endring på maksimal RFD og tid til maksimal kraft. Kraftutviklingshastigheita gir oss eit direkte mål på eksplosiv styrke og kor raskt utøvarane kan utvikle kraft, høgare RFD har vist seg å gi raskare tid til å utøve krafta. Både maksimal- og eksplosiv styrketrening har gjennom forskning vist seg begge å auke RFD (Vila-Chã, 2010; Tillin & Folland, 2014; Aagaard et al. 2002; Andersen et al. 2009). Med utgangspunkt i teorien skal ein kunne sjå at utøvarane som brukar kortast tid på å nå maksimal kraft, er dei same utøvarane som oppnår høgast RFD. Ved å studere gjennomsnittleg %-endring på tid til maksimal kraft i figur 2 vil ein kunne drage

konklusjonar om at den gruppa som har hatt størst utbytte av treninga knytt til tid til maksimal kraft er MSG. I tabell 4 som presenterer individuelle endringar i RFD og tid til maksimal kraft, ser ein at utøvarane i ESG jamt over har forbetra tid til maksimal kraft, medan utøvarane i MSG, med eitt unntak ikkje har forbetra tid noko særleg. Eit lite utval i MSG gjer at avvik frå generell trend får store innverknadar på resultatet, noko som kan føre til eit meir uklart gjennomsnitt og heilheitleg-bilete samla sett for denne gruppa. Det positive i dette eine avviket er samanhengen mellom forbetra tid til maksimal kraft og den store auken i RFD – samt god auke i vertikal spenst på denne utøvaren. I ESG, som ein basert på teori skulle tenkje seg til at kom til å auke RFD mest, har vist jamt over gode forbetringar i RFD med nokre unntak og jamt over forbetra tid til maksimal kraft. Eit større utval ville gitt eit klarare bilete på samheng mellom dei to elementa og ville kunna jamna ut store individuelle forskjellar i gruppene.

### **Maksimal styrke og power**

I tabell 3 ser ein at MSG har ein betydeleg større auke i 1 RM enn ESG. MSG har auka frå gjennomsnitt 70 kg til 83,6 kg, noko som tilsvara eit auke på 19,5% og med ein effekt size på 2,34 kan ein med trygghet sei at treninga har hatt god effekt på den maksimale beinstyrken. ESG har auka frå gjennomsnitt 71,3 kg til 74,5 kg og med ein effekt size på 0,37 fortel det oss at eksplosiv styrketrening ikkje gir noko særleg effekt på 1RM knebøy. Dersom vi ser på gjennomsnitts-effekten er ein at MSG har auka frå 1240 til 1364 (10% auke) og ESG frå 1331 til 1399 (5,1% auke). Effekt size hos MSG er på 1,38, noko som tyder på at maksimal styrketrening har god effekt på gjennomsnitts-effekten, medan hos ESG er effekt size på berre 0,26 og viser til liten effekt ved trening av eksplosiv styrke. Også når det kjem til maximal power ser ein at trening av maksimal styrke gir ein mykje betre effekt enn eksplosiv styrketrening. Dette heng saman med teori og forskning som tyder på at maksimal styrke gjennomført med maksimal mobilisering kan vere med på å auke den maksimale effekten (Rønnestad & Raastad, 2010; Adams et al., 1992). Eit auke i power vil kunne vere grunnlaget for auke i vertikal spenst hos utøvarane i MSG ettersom auke i power til gjer det mogleg for ein muskel å produsere like mykje power på kortare tid eller større arbeid på same tid (Peterson et al., 2006). Ved å sjå på standardavvik kan ein sjå at det er store individuelle forskjellar i auke av 1RM og power. Det kan vere fleire årsaker til at nokon auka meir enn andre og at det difor var spreiding i resultatet i MSG. I følge Kraemer et al. (2002) har eliteutøvarar som regel ein mindre framgang innan styrke enn kva utrena har. Sjølv om deltakarane i studien er kategorisert som eliteutøvarar vil det variere kor lenge dei har vore ein del av elitelaget og følgt det treningsregimet som dei driv med, inkludert felles styrketreningar med eigen styrketrenar. Difor kan mangel på nok erfaring knytt til styrketrening og spesifikt knebøy spele inn og føre til at dei som er nyare på laget auka svært mykje, spesielt i starten. Medan dei som har drive med fast styrketrening lenge ikkje aukar like fort.

Ein anna mogleg faktor som kan spele inn på resultatata i 1 RM er usikkerheit kring pre-test kontra post-test i 1RM knebøy. Raastad og Paulsen skriv i *Styrketrening i teori og praksis* at under maksimale

eksentriske muskelaksjonar kan det ver problematisk å aktivere dei involverte einingane maksimalt i starten, truleg fordi vi legg inn ein sikkerheitsmargin dei første gongane vi gjer øvinga, og frykta for skader minkar etter kvart som vi venner oss til arbeidsforma (Raastad & Paulsen, 2010). Ettersom deltakarane har gjennomført øvinga to gongar i veka i seks veker, er det sannsynleg at dei som var usikre i starten har blitt mykje sikrere i sjølve øvinga og 1RM testen. I løpet av desse seks vekene vil det også vere truleg at utøvarane har kunna betra teknikken sin i knebøy, noko som kan bidra til å betre resultatet.

Eit auke i maksimal beinstyrke kan skyldast nevralt adaptasjonar eller auke i muskelvolum, ettersom at ingen av testgruppene hadde særleg endring i kroppsvekt frå pre-test til post-test, kan det tyde på at styrken ikkje kjem gjennom hypertrofi og auke i muskelvolum, men gjennom nevralt adaptasjonar, dette samsvarar med studiar frå Häkkinen (1985a,b). Auke i beinstyrkje saman med uendra kroppsvekt vil vere gunstig i ein kroppsberande idrett som volleyball med tanke på Newtons 2.lov ( $K = m \cdot a$ ), som gir ein forklaring på auke i vertikal spenst også på utøvarane i MSG.

### **Måleusikkerheit og reliabilitet knytt til resultatata**

Ein kan ved første augekast stille seg kritisk til resultatata på RFD. Ein av utøvarane i ESG hadde eit unormalt høgt resultat, noko vi ikkje kan svare på for sikkert om dreier seg om feilmåling eller berre generelt høg RFD. Det vart gjennomført tre hopp på kvar test, og alle målingane viser RFD på jamt over like høgt resultat hos utøvaren – noko som gjer det vanskeleg å skulle peike på feil ved måling og at ein i utgangspunktet kan slå fast at testen har stabil målesikkerheit. For å vere på den sikre sida knytt til realibiliteten ved desse målingane burde vi gjennomført ein kontrolltest av utøvaren i etterkant for å sjekke om målingane ved dei første testane viser realible målingar. Ved eit så lite utval vil det i tillegg vere svært utslagsgivande på gjennomsnittet og gi eit litt misvisande og vanskeleg standardavvik å sjå på når det er snakk om så høge tal. Utøvaren har ein RFD på 23047 og 18506 i pre- og post-test, medan dei andre utøvarane i ESG ligg med eit gjennomsnitt på 5941 og 5174 i pre- og post-test.

Til tross for noko usikkerheit rundt målingane av RFD har det å nytte kraftplattform i vertikal spensttesting vist seg å gi svært nøyaktige resultat i forhold til andre metodar (Garcia-Lopez et al. 2005; Refsnes, 2010). Bruken av kraftplattform vert ofte omtalt som “gullstandard” når det kjem til testing av vertikal spenst og gir meir nøyaktige målingar enn eksempelvis sargent-test (Raastad et al., 2010).

### **Styrker og svakheiter med studien**

Gruppene vi hadde i studien som var på høvesvis 6 (ESG) og 4 (MSG) forsøkspersonar, er relativt små. Ved å inkludere fleire deltakarar i studien kunne dei gitte resultatata blitt enda tydelegare, samt ein kunne unngått store standaravvik når ein regna eit større gjennomsnitt, men ein måtte ein hatt ein god del fleire deltakarar for å unngått det. Tidlegare forskning og studiar knytt til volleyball har vist å alle i stor grad omfatte små grupper og lite utval. Dette kan ha samanheng med at volleyball ikkje er ein like utbreidd idrett som t.d. handball og fotball, og at eit volleyballag ikkje består av så mange utøvarar. For at utvalet

skal bli mest mogleg likt vert det difor ofte små grupper. Til tross for lite utval gav studien gode resultat som samsvarar med hypotesen og tidlegare forskning, noko som styrka resultat i gjeldande studie.

Fleire faktorar i studien var vanskeleg for oss å kontrollere. Førebuing til test er ein av dei. Vi passa på at testane vart gjennomført i same rekkefølge og til same tidspunkt med tanke på anna trening begge gongane, men korleis utøvarane har førebudd seg kan ikkje vi kontrollere og dermed vite om dette kan ha gitt utslag. I tillegg var Covid-19 ei utfordring når det kom til seriespel og trening, noko som gjor at det kunne påverka utøvaranes motivasjon når det kom til prestasjon på trening. Til vår fordel vart seriespel avslutta som følge av Covid-19, noko som gjor at utøvarane kunne ha fullt fokus på styrketrening utan å tenkje på kamp. To av utøvarane måtte og i ti dagars smittekarantene undervegs i treningsintervensjonen – dei same to hadde negativ framgang i CMJ. Etersom utøvarane gjekk glipp av maksimalt tre styrketreningar er det ikkje grunn til å tru at dette aleine er årsaka til negativ framgang. Likevel er det ein viktig faktor å tenkje over når ein analysera resultatata at dette kan ha spelt inn på resultatata ettersom dei to utøvarane også i desse ti dagane mista all form for trening.

Utøvarane i studien er alle deltakarar på eit elitelag, noko som gir studien styrke ved å drive forskning på utøvarar på høgt nivå. I tillegg er det ei styrke å få gjennomført studien medan utøvarane er i sesong, da dei aller fleste studiar er gjennomført før eller etter sesong. For eit volleyballag og deira trenarar er studien eit viktig argument knytt til viktigheita av styrketrening gjennom sesongen for å forbetre og oppretthalde vertikal spenst hos volleyballspelarar. I studien er vertikal spenst testa gjennom CMJ. I boka Aktivitetslære av Brunnes, Enoksen og Sletten (2012) finn ein arbeidskrav til idretten som tilsei 35-40 cm i sargent test, og på Olympiatoppen sine sider finn ein resultat frå perioden 1995-2018, der 19 toppidrettsutøvarar i volleyball har testa CMJ. Resultat der viser eit gjennomsnitt på  $33.0 \text{ cm} \pm 4.9$  (Haugen, 2018; Fosnæs, 2012). Resultata er frå før 2018, noko som viser at det trengs meir forskning og oppdaterte tal og resultat. Til tross for det så er dette dei einaste resultatata som er å oppdrive knytt til arbeidskrav i idretten, men ettersom dei to gjennomsnittsverdiane er tilnærma like gir det utgangspunkt til å fastslå at dette er om lag verdiane til arbeidskrav i idretten. Dersom ein ser på resultatata frå elitelaget i vår studie som ligg på  $22,8 \pm 2,8 \text{ cm}$  og  $21,1 \pm 3,1 \text{ cm}$ , har gruppene i studien eit stort potensiale for å auke den vertikale spensten opp mot dei arbeidskrava som idretten stiller. Ein framgang i vertikal spenst vil kunne påverke utøvaranes blokkhøgde og angrepsslag, noko som berre vil vere positivt for vidare prestasjon og resultat i kampsituasjon, med tanke på at 80% av alle poeng kjem enten frå blokk eller angrep (Voight & Vetter, 2003)

## 6.0 Konklusjon

Etter en seks veker lang styrketreningsintervensjon for kvinnelege elitevolleyball-spelarar i sesong, har både eksplosiv- og maksimal styrketrening vist seg å gi effekt på den vertikale spensten og den maksimale styrken i strekkapparatet i beina. Begge gruppene auka i vertikal spenst, med høvesvis 12,1% og 7,4% i ESG og MSG. 1 RM knebøy auka med 8,9% ( 71,25 kg +- 10 til 74,5 kg +- 8,9) og 19,4% (70 kg +- 6,4 til 83,6 kg +- 5,6) i høvesvis ESG og MSG. Resultata viser at eksplosiv styrketrening hadde klart størst betring på vertikal spenst, medan maksimal styrketrening gav størst auke i 1RM knebøy, og at ein kombinasjon av dei to treningsmetodane kan tyde på å vere den mest effektive treningsmetoden for volleyballspelarar i sesong.



## Referanseliste

- Adams, Kent, John P. O'Shea, Katie L. O'Shea, og Mike Climstein.** 1992. «The Effect of Six Weeks of Squat, Plyometric and Squat-Plyometric Training on Power Production»: *Journal of Strength and Conditioning Research*6(1):36–41. doi: [10.1519/00124278-199202000-00006](https://doi.org/10.1519/00124278-199202000-00006).
- Andersen, L. L., Andersen, J. L., Suetta, C., Kjær, M., Søgaard, K., & Sjøgaard, G.** (2009). Effect of contrasting physical exercise interventions on rapid force capacity of chronically painful muscles. *Journal of Applied Physiology*, 107(5), 1413–1419.  
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00555.2009>
- Behm, D. G., og D. G. Sale.** 1993. «Intended Rather than Actual Movement Velocity Determines Velocity-Specific Training Response». *Journal of Applied Physiology* 74(1):359–68. doi: [10.1152/jappl.1993.74.1.359](https://doi.org/10.1152/jappl.1993.74.1.359).
- Bobbert, Maarten F., og L. J. Richard Casius.** 2005. «Is the Effect of a Countermovement on Jump Height Due to Active State Development?»: *Medicine & Science in Sports & Exercise* 37(3):440–46. doi: [10.1249/01.MSS.0000155389.34538.97](https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000155389.34538.97).
- Campos, Gerson, Thomas Luecke, Heather Wendeln, Kumika Toma, Fredrick Hagerman, Thomas Murray, Kerry Ragg, Nicholas Ratamess, William Kraemer, og Robert Staron.** 2002. «Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones». *European Journal of Applied Physiology*88(1–2):50–60. doi: [10.1007/s00421-002-0681-6](https://doi.org/10.1007/s00421-002-0681-6).
- Canavan, Paul K., og Jason D. Vescovi.** 2004. «Evaluation of Power Prediction Equations: Peak Vertical Jumping Power in Women»: *Medicine & Science in Sports & Exercise* 36(9):1589–93. doi: [10.1249/01.MSS.0000139802.96395.AC](https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000139802.96395.AC).
- Enoksen, E.** (2015). Spenst og spensttrening. I A. Gjerset, J. Nilsson, J. W. Helge, & E.Enoksen, *Idrettens treningslære* (ss. 423-441). Oslo: Gyldendal undervisning.
- Fasting, S. (2018, 11 1). *Muskelvev*. Henta 16.05. 2021 frå Store norske leksikon:  
<https://sml.snl.no/myosin>
- Fossum, S. (2019). *Aktin*. Henta 16.05 2021 frå Store medisinske leksikon:  
<https://sml.snl.no/aktin>
- Kåss, E. (2019). *Myosin*. Henta 16.11 2021 frå Store medisinske leksikon:  
<https://sml.snl.no/myosin>
- Fatouros, Ioannis G., Athanasios Z. Jamurtas, D. Leontsini, Kyriakos Taxildaris, N. Aggelousis, N. Kostopoulos, og Philip Buckenmeyer.** 2000. «Evaluation of Plyometric Exercise Training,

- Weight Training, and Their Combination on Vertical Jumping Performance and Leg Strength»: *Journal of Strength and Conditioning Research* 14(4):470–76. doi: [10.1519/00124278-200011000-00016](https://doi.org/10.1519/00124278-200011000-00016).
- Fosnæs, O.** (2012). Volleyball. I A. O. Brunes, E. Enoksen, & S.-H. Sletten, *Aktivitetstlære*. Oslo: Gyldendal.
- Fossum, S.** (2019). *Aktin*. Hentet 16.05 2021 fra Store medisinske leksikon: <https://sml.snl.no/aktin>
- Gabbett, Tim,** og Boris Georgieff. 2007. «Physiological and Anthropometric Characteristics of Australian Junior National, State, and Novice Volleyball Players». *The Journal of Strength and Conditioning Research* 21(3):902. doi: [10.1519/R-20616.1](https://doi.org/10.1519/R-20616.1).
- Hall, S. J.** (2019). *Basic Biomechanics*. New York: McGraw-Hill Education.
- Hasegawa, H.,** Dziados, J., Newton, R. U., Fry, A. C., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2002). Periodized training programmes for athletes. In W. J. Kraemer & K. Häkkinen (Eds.), *Strength Training for Sport*. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Haugen, T.** (2018). *Resultater spensttester*. Hentet 22.04 2021 fra Olympiatoppen: [https://www.olympiatoppen.no/fagstoff/spenst\\_og\\_hurtighet/spenst/resultater\\_spensttester/page4156.html](https://www.olympiatoppen.no/fagstoff/spenst_og_hurtighet/spenst/resultater_spensttester/page4156.html)
- Heckman, C. J.,** og Roger M. Enoka. 2012. «Motor Unit». S. c100087 i *Comprehensive Physiology*, redigert av R. Terjung. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Helgerud, J.,** G. Rodas, O. J. Kemi, og J. Hoff. 2011. «Strength and Endurance in Elite Football Players». *International Journal of Sports Medicine* 32(09):677–82. doi: [10.1055/s-0031-1275742](https://doi.org/10.1055/s-0031-1275742).
- Henneman,** Elwood, George Somjen, og David O. Carpenter. 1965. «EXCITABILITY AND INHIBITIBILITY OF MOTONEURONS OF DIFFERENT SIZES». *Journal of Neurophysiology* 28(3):599–620. doi: [10.1152/jn.1965.28.3.599](https://doi.org/10.1152/jn.1965.28.3.599).
- Herrero, J.,** M. Izquierdo, N. Maffiuletti, og J. García-López. 2006. «Electromyostimulation and Plyometric Training Effects on Jumping and Sprint Time». *International Journal of Sports Medicine* 27(7):533–39. doi: [10.1055/s-2005-865845](https://doi.org/10.1055/s-2005-865845).
- Häkkinen, K.** 1993a. «Changes in Physical Fitness Profile in Female Volleyball Players during the Competitive Season». *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 33(3):223–32.

- Häkkinen, K.** 1993b. «Changes in Physical Fitness Profile in Female Basketball Players during the Competitive Season Including Explosive Type Strength Training». *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 33(1):19–26.
- Häkkinen, K.**, M. Alén, og P. V. Komi. 1985a. «Changes in Isometric Force- and Relaxation-Time, Electromyographic and Muscle Fibre Characteristics of Human Skeletal Muscle during Strength Training and Detraining». *Acta Physiologica Scandinavica* 125(4):573–85. doi: [10.1111/j.1748-1716.1985.tb07759.x](https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1985.tb07759.x).
- Häkkinen, K.**, P. V. Komi, og M. Alén. 1985b. «Effect of Explosive Type Strength Training on Isometric Force- and Relaxation-Time, Electromyographic and Muscle Fibre Characteristics of Leg Extensor Muscles». *Acta Physiologica Scandinavica* 125(4):587–600. doi: [10.1111/j.1748-1716.1985.tb07760.x](https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1985.tb07760.x).
- Kenney, W. L.**, Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2012). *Physiology of Sports and Exercise*. United States of America: Human Kinetics.
- Khelifa, Riadh**, Ridha Aouadi, Souhail Hermassi, Mohamed Souhail Chelly, Mohamed Chedly Jlid, Hamdi Hbacha, og Carlo Castagna. 2010. «Effects of a Plyometric Training Program With and Without Added Load on Jumping Ability in Basketball Players». *Journal of Strength and Conditioning Research* 24(11):2955–61. doi: [10.1519/JSC.0b013e3181e37fbc](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e37fbc).
- Komi, Paavo V.** 2000. «Stretch-Shortening Cycle: A Powerful Model to Study Normal and Fatigued Muscle». *Journal of Biomechanics* 33(10):1197–1206. doi: [10.1016/S0021-9290\(00\)00064-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(00)00064-6).
- Kraemer W. J.**, Häkkinen K. *Strength Training for Sport*. Oxford: Blackwell Sciences Ltd, 5: 69-134, 2002.
- Kåss, E.** (2019). *Myosin*. Hentet 16.11 2021 fra Store medisinske leksikon: <https://sml.snl.no/myosin>
- Markovic, G.**, og R. U. Newton. 2007. «Does Plyometric Training Improve Vertical Jump Height? A Meta-Analytical Review \* Commentary». *British Journal of Sports Medicine* 41(6):349–55. doi: [10.1136/bjism.2007.035113](https://doi.org/10.1136/bjism.2007.035113).
- Marques, Mário C.**, Roland van den Tillaar, Jason D. Vescovi, og Juan José González-Badillo. 2008. «Changes in Strength and Power Performance in Elite Senior Female Professional Volleyball Players During the In-Season: A Case Study». *Journal of Strength and Conditioning Research* 22(4):1147–55. doi: [10.1519/JSC.0b013e31816a42d0](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816a42d0).
- McArdle, W. D.**, Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). *Excercise Physiology: Nutrion, Energy, and Human Performance*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health.

- Newton RU**, Kraemer WJ: Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength and Conditioning* 16:20-31, 1994. Doi: [10.1519/1073-6840\(1994\)016<0020:DEMPIF>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1519/1073-6840(1994)016<0020:DEMPIF>2.3.CO;2)
- Newton, Robert U.**, William J. Kraemer, og Keijo Häkkinen. 1999. «Effects of Ballistic Training on Preseason Preparation of Elite Volleyball Players»: *Medicine & Science in Sports & Exercise* 31(2):323–30. doi: [10.1097/00005768-199902000-00017](https://doi.org/10.1097/00005768-199902000-00017).
- Newton, Robert U.**, Ryan A. Rogers, Jeff S. Volek, Keijo Häkkinen, og William J. Kraemer. 2006. «Four Weeks of Optimal Load Ballistic Resistance Training at the End of Season Attenuates Declining Jump Performance of Women Volleyball Players». *The Journal of Strength and Conditioning Research* 20(4):955. doi: [10.1519/R-5050502x.1](https://doi.org/10.1519/R-5050502x.1).
- Nicol**, Caroline, Janne Avela, og Paavo V. Komi. 2006. «The Stretch-Shortening Cycle: A Model to Study Naturally Occurring Neuromuscular Fatigue». *Sports Medicine* 36(11):977–99. doi: [10.2165/00007256-200636110-00004](https://doi.org/10.2165/00007256-200636110-00004).
- Norges Volleyballforbund.** (u.d.). *Fakta om volleyball*. Hentet 29.03 2021 fra NVBF: <https://volleyball.no/om-volleyball/>
- Peterson, Mark D.**, Brent A. Alvar, og Matthew R. Rhea. 2006. «The Contribution of Maximal Force Production to Explosive Movement Among Young Collegiate Athletes». *The Journal of Strength and Conditioning Research* 20(4):867. doi: [10.1519/R-18695.1](https://doi.org/10.1519/R-18695.1).
- Raastad, T.**, & Paulsen, G. (2010). Hva bestemmer muskelstyrken vår? I T. Raastad, G. Paulsen, E. Refsnes, B. R. Rønnestad, & A. R. Wisnes, *Styrketrening - i teori og praksis* (ss.19-36). Oslo: Gyldendal undervisning.
- Raastad, T.**, & Rønnestad, B. R. (2010). Adaptasjon til styrketrening. I T. Raastad, G. Paulsen, E. Refsnes, B. R. Rønnestad, & A. R. Wisnes, *Styrketrening - i teori og praksis* (ss. 37-81). Oslo: Gyldendal undervisning.
- Raastad, T.**, & Refsnes, P. E. (2010). Styrketreningsmetoder. I T. Raastad, G. Paulsen, E. Refsnes, B. R. Rønnestad, & A. R. Wisnes, *Styrketrening - i teori og praksis* (ss. 121-131). Oslo: Gyldendal undervisning.
- Raastad, T.**, Nilsson, J., Enoksen, E., & Gjerset, A. (2015). Muskelstyrke og styrketrening. I A. Gjerset, J. Nilsson, J. W. Helge, & E. Enoksen, *Idrettens treningslære* (ss. 370-422). Oslo: Gyldendal undervisning.

- Raastad, T., Paulsen, G., Wisnes, A., Rønnestad, B. R., & Refsnes, P. E.** (2010). Innledning, terminologi og definisjoner. I T. Raastad, G. Paulsen, E. Refsnes, B. R. Rønnestad, & A. R. Wisnes, *Styrketrening - i teori og praksis* (ss. 11-18). Oslo: Gyldendal undervisning.
- Reeser, J., & Bahr, R.** (2003). *Volleyball*. Malden, Mass: Blackwell Science.
- Refsnes, P. E.** (2010). Testing av styrke. I T. Raastad, G. Paulsen, E. Refsnes, B. R. Rønnestad, & A. R. Wisnes, *Styrketrening - i teori og praksis* (ss. 139-157). Oslo: Gyldendal undervisning.
- Refsnes, P. E.** (2010). Treningsplanlegging. I T. Raastad, G. Paulsen, E. Refsnes, B. R. Rønnestad, & A. R. Wisnes, *Styrketrening - i teori og praksis* (ss. 133-138). Oslo: Gyldendal undervisning.
- Rønnestad, B. R., & Raastad, T.** (2010). Effekter av styrketrening på akselerasjonsevne og spenst. I T. Raastad, G. Paulsen, E. Refsnes, B. R. Rønnestad, & A. R. Wisnes, *Styrketrening – i teori og praksis* (ss. 225-239). Oslo: Gyldendal undervisning.
- Sale, Digby G.** 1988. «Neural Adaptation to Resistance Training»: *Medicine & Science in Sports & Exercise* 20(Sup 1):S135–45. doi: [10.1249/00005768-198810001-00009](https://doi.org/10.1249/00005768-198810001-00009).
- Sand, Olav, Øystein V. Sjaastad, og Egil Haug.** 2014. *Menneskets fysiologi*. 2.utgave. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Smith, E.** (2009). Kort innføring i grunnleggende fysiologi. I E. Smith, *Instruktøren* (ss. 35-50). Kristiansand: Høyskoleforlaget. Hentet fra <https://www.cappelendammundervisning.no/sekasset/external-resources/9788276347760-Kort%20innføring%20i%20fysiologi.pdf>
- Sheppard, Jeremy M., Tim Gabbett, Kristie-Lee Taylor, Jason Dorman, Alexis J. Lebedew, og Russell Borgeaud.** 2007. «Development of a Repeated-Effort Test for Elite Men’s Volleyball». *International Journal of Sports Physiology and Performance* 2(3):292–304. doi: [10.1123/ijspp.2.3.292](https://doi.org/10.1123/ijspp.2.3.292).
- Tillin, N. A., & Folland, J. P.** (2014). Maximal and explosive strength training elicit distinct neuromuscular adaptations, specific to the training stimulus. *European Journal of Applied Physiology*, 114(2), 365–374. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2781-x>
- Tillman, Mark D., Chris J. Hass, Denis Brunt, og Gregg R. Bennett.** 2004. «Jumping and Landing Techniques in Elite Women’s Volleyball». *Journal of Sports Science & Medicine* 3(1):30–36.
- Tricoli, Valmor, Leonardo Lamas, Roberto Carnevale, og Carlos Ugrinowitsch.** 2005. «Short-Term Effects on Lower-Body Functional Power Development: Weightlifting vs. Vertical Jump Training Programs». *The Journal of Strength and Conditioning Research* 19(2):433. doi: [10.1519/R-14083.1](https://doi.org/10.1519/R-14083.1).

- Turner, Anthony N.**, og Ian Jeffreys. 2010. «The Stretch-Shortening Cycle: Proposed Mechanisms and Methods for Enhancement». *Strength & Conditioning Journal* 32(4):87–99. doi: [10.1519/SSC.0b013e3181e928f9](https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181e928f9).
- Vila-Chã, C.**, Falla, D., & Farina, D. (2010). Motor unit behavior during submaximal contractions following six weeks of either endurance or strength training. *Journal of Applied Physiology*, 109(5), 1455–1466. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01213.2009>
- Voigt, Hans-friedrich**, og Katja Vetter. 2003. «The Value of Strength-Diagnostic for the Structure of Jump Training in Volleyball». *European Journal of Sport Science* 3(3):1–10. doi: [10.1080/17461390300073310](https://doi.org/10.1080/17461390300073310).
- Wilson, G. J.**, R. U. Newton, A. J. Murphy, og B. J. Humphries. 1993. «The Optimal Training Load for the Development of Dynamic Athletic Performance». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 25(11):1279–86.
- Ziv, G.**, og R. Lidor. 2010. «Vertical Jump in Female and Male Volleyball Players: A Review of Observational and Experimental Studies: Vertical Jump in Volleyball Players». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 20(4):556–67. doi: [10.1111/j.1600-0838.2009.01083.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01083.x).
- Aagaard, P.**, Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002b). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 93(4), 1318–1326. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00283.2002>

# Vedlegg

## Vedlegg 1: Informasjonsskriv

### Informasjonsskriv

## ”Bacheloroppgåve spenst og kraftutvikling”

Dette er eit spørsmål til deg om å delta i et forskingsprosjekt der formålet er å sjå korleis to ulike treningsmetodar for styrke, påverkar resultatet av spenst og kraftutvikling. I dette skrivet gir vi deg informasjon om måla for prosjektet og kva deltaking vil innebere for deg.

### Formål

Formålet med studien er å sjå korleis to ulike treningsmetodar, eksplosiv styrketrening og maksimal styrketrening, påverkar spenst og 1RM knebøy. Vi deler inn i to randomiserte grupper der eine gruppa trener maksimal knebøy (tung styrketrening 85-95% av 1RM) og andre gruppa trener eksplosiv knebøy med hopp (lågare belastning med maksimal kraftutvikling 30-40% av 1RM). Deltakarane skal gjennomføre to økter med knebøy i veka i ei periode på seks veker. Metoden vi skal bruke for å samle inn data er gjennom to ulike testar: kraftplattform til å måle spenst, og ein 1RM test i knebøy. Desse testane skal gjennomførast før og etter treningsperioden for effekt og resultat.

### Kven er ansvarleg for forskingsprosjektet?

xxx og xxx ved høgskulen i Volda.

### Kvifor får du spørsmål om å delta?

Du får spørsmål om å delta fordi du er ein aktiv volleyballspelar for det lokale elitelaget for kvinner. På grunn av lite forskning på volleyball generelt, og lite knytt til volleyball og kvinner, ynskjer vi å gjennomføre på kvinner.

### Kva inneberer det for deg å delta?

Dersom du vel å delta i prosjektet inneber det at du gjennomføre 2 treningsøkter i veka i ei periode på 6 veker. Deltakarane blir delt i to grupper, der eine trenar maksimal knebøy og andre eksplosiv knebøy. Desse øvingane vil bli tilført det normale treningsprogrammet som dokke har. Altså, for kvar einskild blir det ei øving å tilføre det normale programmet. I forkant og etterkant av treningsperioden skal ein gjennomføre to testar: 1 repetisjon maksimum knebøy, og ein enkel spensttest (Counter Movement Jump) på plattform. Resultata frå testane vil bli registrert elektronisk.

### Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Dersom du vel å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake utan å oppgi nokon grunn. Alle dine personopplysningar og resultat vil då bli sletta og fjerna frå prosjektet. Det vil ikkje ha nokon negative konsekvensar for deg om du ikkje vil delta eller seinare vel å trekke deg. Det vil heller ikkje påverke ditt forhold til Høgskulen i Volda eller idrettslaget negativt.

### **Ditt personvern – korleis vi oppbevarer og bruker dine opplysningar**

Vi vil berre bruke opplysningane om deg til formåla vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandlar opplysningane konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

- Det er berre xxx, xxx og xxx (lærer/veileidar) som har tilgang til opplysningane i prosjektet
- Namn og eventuelle kontaktopplysninga vil vi erstatte med ei kode som lagrast på eiga liste atskilt frå øvrige data
- Deltakarane vil ikkje kunne sporast i publikasjon av resultat frå testane

### **Kva skjer med opplysningane dine når vi avsluttar forskingsprosjektet?**

Opplysningane anonymiserast når prosjektet avsluttast eller oppgåva er godkjent, noko som etter planen er i mai 2021. Ved prosjektslutt vil etter planen alle innsamla data som ikkje er anonymisert slettast.

### **Dine rettigheter**

Så lenge du kan identifiserast i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i kva personopplysningar som er registrert om deg, og få utlevert ein kopi av desse opplysningane.
- å få retta personopplysningar om deg,
- å få sletta personopplysningar om deg, og
- å sende klage til datatilsynet om behandlinga av dine personopplysningar.

### **Kva gir oss rett til å behandle personopplysningar om deg?**

Vi behandlar opplysningar om deg basert på ditt samtykke.

### **Kvar kan eg finne ut meir?**

Dersom du har spørsmål til studien, eller ønsker å nytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

Høgskulen i Volda ved:

- xxx
- xxx



Dersom du har spørsmål knytt til NSD sin vurdering av prosjektet, kan du ta kontakt med:

NSD – Norsk senter for forskningsdata AS på e-post ([personverntjenester@nsd.no](mailto:personverntjenester@nsd.no)) eller på telefon: 55 58 21 17.

**Med vennleg helsing**

xxx

## Vedlegg 2: Samtykkeerklæring

### Samtykkeerklæring

Eg har motteke og forstått informasjon om prosjektet *Bacheloroppgåve i styrke og kraftutvikling*, og har fått anledning til å stille spørsmål. Eg samtykker til:

å delta i studien

at mine personopplysningar vert lagra i forbindelse med studien

Alle som er under 18 år må få samtykke med føresette for å delta i studien.

Eg har fått samtykke av føresette til å delta i studien

Eg er over 18

---

underskrift føresett

Eg samtykker til at mine opplysningar behandlast fram til prosjektet er avslutta

-----  
(Signert av prosjektdeltakar / dato)



## **Bibliografi**

Fasting, S. (2018, 11 1). *Muskelvev*. Hentet 16.05. 2021 fra Store norske leksikon:

<https://sml.snl.no/myosin>

Fossum, S. (2019). *Aktin*. Hentet 16.05 2021 fra Store medisinske leksikon:

<https://sml.snl.no/aktin>

Kåss, E. (2019). *Myosin*. Hentet 16.11 2021 fra Store medisinske leksikon:

<https://sml.snl.no/myosin>