



MASTEROPPGAVE

Effekten av frekvens på styrke og muskelstørrelse i trening.

The effect of frequency on strength and muscle size in exercise.

Pål Frøyen Vereide

Master i idrettsvitenskap

Fakultet for lærerutdanning, kultur og idrett

Institutt for idrett, kosthold og naturfag

Veiledere: Vidar Andersen og Atle Hole Sæterbakken

31.05.2019

Sammendrag

Hensikten med dette prosjektet var å sammenligne to forskjellige treningsfrekvenser, og de effektene disse treningsfrekvensene har på muskelstyrke, muskelstørrelse og spenst hos fysisk aktive, moderat trente, unge mennesker. Det ble trent med et likt volum, men med ulik frekvens på antall treningsøkter, og dermed også varighet av treningsøktene.

27 forsøkspersoner ble stratifisert randomisert inn i to grupper. En gruppe med lav frekvens trente en økt i uken på omtrentlig 120min (TG1). Den andre gruppen med høy frekvens trente fire økter i uken på omtrentlig 30 min (TG2). 27 forsøkspersoner startet intervensjon, derav 22 fullførte. Ved pre- og posttest ble det gjort tester på 1RM i knebøy, maksimal power output i konsentrisk fase av knebøy, RFD til peak force, RFD til 200ms, MVC, muskelmasse, muskeltykkelse og spenst (SJ).

Både TG1 og TG2 oppnådde en økning i 1RM knebøy ($10,52 \pm 10,25\%$, $ES=0,37$, $P=0,005$ og $19,54 \pm 9,19\%$, $ES=0,49$, $P<0,001$). TG2 hadde en signifikant større økning enn TG1 ($P=0,042$). Begge grupper økte sin maksimale power output. Det ble observert en signifikant økning hos TG2 på $18,3 \pm 13,1\%$ ($ES=0,35$, $P<0,001$). TG1 tenderte mot en endring $7,0 \pm 11,2\%$ ($ES=0,16$, $P=0,077$). TG2 sin endring i maksimal power output var signifikant større enn TG1 ($P=0,043$). Det var ingen forandringer i RFD til peak force i TG1 ($P=0,956$). TG2 tenderte mot en nedgang på $10,6 \pm 20,5\%$ ($P=0,056$). Endringen i TG2 var ikke forskjellig fra TG1 ($P=0,239$). Ingen av gruppene oppnådde en endring i RFD 200ms, TG1 ($P=0,391$) og TG2 ($P=0,242$). Verken TG1 eller TG2 oppnådde en endring i MVC ($P=0,359$ og $P=0,427$). Med Tanita målinger på muskelmasse oppnådde ingen av gruppene en økning, TG1 ($P=0,279$), TG2 ($P=0,858$). Begge grupper oppnådde en økning i muskeltykkelse. TG1 $12,1 \pm 10,8\%$ ($ES=0,98$, $P=0,003$) og TG2 $9,6 \pm 8,7\%$ ($ES=0,57$, $P=0,004$). Økningen i muskeltykkelse var ikke forskjellig mellom gruppene ($P=0,558$). Det ble observert en signifikant økning i SJ hos TG1 på $9,1 \pm 11,0\%$ ($ES=0,33$, $P=0,016$). TG2 endret ikke sin hopp høyde ($ES=0,15$, $P=0,393$).

Funnene i dette prosjektet indikerer at det kan være forskjeller i resultatene for muskelstørrelse og muskelstyrke ved ulike treningsfrekvenser. Det kan mulig være forskjellige treningsfrekvenser som egner seg for de varierende målne mennesker har med trening.

Abstract

The purpose of this project was to compare two different training frequencies, and the effects these exercise frequencies have on muscle strength, muscle size and jumping performance in physically active, moderately trained, young people. The subjects were trained with an equal volume, but with different frequencies regarding the number of workouts, and thus also the duration of the workouts.

27 subjects were randomized into two groups using stratification. A low frequency group trained one session a week for approximately 120min (TG1). The second high frequency group trained four sessions a week at approximately 30 minutes (TG2). 27 subjects started intervention, of which 22 completed. At pre- and post-tests, tests were performed on 1RM in squats, maximum power output in the concentric phase of squats, RFD maximal power, RFD 200ms and MVC, muscle mass, muscle thickness and jumping performance (SJ).

Both TG1 and TG2 achieved an increase in 1RM squat ($10.52 \pm 10.25\%$, $ES = 0.37$, $P = 0.005$ and $19.54 \pm 9.19\%$, $ES = 0.49$, $P < 0.001$). TG2 had a significantly greater increase than TG1 ($P = 0.042$). Both groups increased their maximum power output. A significant increase in TG2 of $18.3 \pm 13.1\%$ ($ES = 0.35$, $P < 0.001$) was observed. TG1 tended towards a change of $7.0 \pm 11.2\%$ ($ES = 0.16$, $P = 0.077$). TG2's change in maximum power output was significantly greater than TG1 ($P = 0.043$). There were no changes in RFD to peak force in TG1 ($P = 0.956$). TG2 tended towards a decrease of $10.6 \pm 20.5\%$ ($P = 0.056$). The change in TG2 was no different from TG1 ($P = 0.239$). None of the groups achieved a change in RFD to 200ms, TG1 ($P = 0.391$) and TG2 ($P = 0.242$). Neither TG1 nor TG2 achieved a change in MVC ($P = 0.359$ and $P = 0.427$). With Tanita measurements on muscle mass, none of the groups achieved an increase, TG1 ($P = 0.279$), TG2 ($P = 0.858$). Both groups achieved an increase in muscle thickness. TG1 $12.1 \pm 10.8\%$ ($ES = 0.98$, $P = 0.003$) and TG2 $9.6 \pm 8.7\%$ ($ES = 0.57$, $P = 0.004$). The increase in muscle thickness was not different between the groups ($P = 0.558$). A significant increase in SJ of TG1 of $9.1 \pm 11.0\%$ was observed ($ES = 0.33$, $P = 0.016$). TG2 did not change its jump height ($ES = 0.15$, $P = 0.393$).

The findings in this project indicate that there may be differences in the results for muscle size and muscle strength at different exercise frequencies. There may be different training frequencies that are suitable for the varying goals people have with training.

Forord

Å skrive en masteroppgave har vist seg å være spennende, utfordrende, karakterbyggende, irriterende, gøy og slankende. Det har vært spennende og gøy å få fordype seg i noe man interesser seg for, og det å få fordype seg i faget på egne premisser er uten tvil en av de bedre læringsmetodene jeg har vært utfor. På den andre siden står og faller også din egen læring og ditt eget sluttresultat på deg selv, det er utfordringer som står på rad og rekke, klar til å knekke deg. Slikt bygger karakter. Men så har det seg at nå sitter jeg her med en ferdig masteroppgave og 26kg lettere enn da jeg begynte på prosjektplanen for ett år siden. Håper den kan være interessant og lærerik, ikke bare for meg, men for alle, og/eller den ene personen som skulle finne interesse i hva jeg har bedrevet i studieåret 18/19 ved Høyskolen på Vestlandet. En lærdom sitter igjen, en treningsintervensjon vil aldri bli gjennomført på egenhånd igjen ... mutters alene på et treningssenter 12 timer om dagen i to måneder, hadde det ikke vært for mine fantastiske forsøkspersoner hadde jeg nok gått til skogs rundt slutten av Oktober.

Men nå er det Mai, livet smiler og man klarte å dra det i land på et vis etter et relativt turbulent siste semester.

Jeg vil takke veilederne mine, Vidar og Atle for at gode tilbakemeldinger og for at jeg fikk kjøre mitt eget løp. Jeg er kanskje ikke den letteste å skulle veilede, men tilbakemeldingene og hjelpen har kommet godt med.

Jeg vil takke min gode venn og romkamerat Nicolay Stien for at han ble med meg på labben i testukene og brukte av sin tid til å hjelpe meg med å gjennomføre testene, og pleie min mentale helse etter endte treningsdager. Det settes utrolig stor pris på.

Jeg vil takke alle tjommiene på kontoret for gode samtaler, både faglige og usaklige, og for generell god stemning.

Takk til Marte for at du har pushet meg gjennom det her.

Tabelloversikt

3.1 Inklusjons og eksklusjonskriterier	s, 17
3.2 Fordeling i grupper	s, 18
3.3 Økning i Kg basert på fremdriftshastighet	s, 25
3.4 Oversikt over treningsøkter	s, 29
3.5 Periodisering	s, 29

Figuroversikt

3.1 Flytskjema	s, 16
3.2 Oversikt over tilvenning, tester og intervensjon	s, 19
3.3 Gjennomføring og kontrollpanel på Tanita vekten	s, 20
3.4 Posisjon og utførelse av ultralydbilder	s, 21
3.5 SJ startfase, svev og landing	s, 22
3.6 Startposisjon, bunn- og topposisjon	s, 24
3.7 Nullstilling av kraftplattform	s, 26
3.8 Gjennomføring av MVC	s, 27
3.9 Øvelsesutvalg	s, 28
4.1 Ukentlig Volum Kg	s, 31
4.2 Akkumulert Volum Kg	s, 32
4.3 Prosentvis endring i 1RM knebøy	s, 33
4.4 Prosentvis endring i Maksimal Power Output og SJ	s, 35
4.5 Prosentvis endring i muskeltykkelse	s, 36

Innholdsfortegnelse

Sammendrag

Abstract

Forord

Tabelloversikt

Figuroversikt

1.0 Innledning	1
2.0 Teori.....	2
2.1 Hva bestemmer muskelstyrken	2
2.1.1 Muskulære Bestemmelser.....	2
2.1.2 Neurale Bestemmelser	3
2.2 Styrketrening.....	4
2.2.1 Adapsjon til styrketrening	5
2.2.2 Muskulær Styrke.....	6
2.2.3 Muskulær Hypertrofi	7
2.3 Treningsvariabler	8
2.3.1 Volum	9
2.3.2 Motstand	9
2.3.3 Frekvens.....	10
2.4 Effekten av frekvens på muskelstyrke og muskelvekst	11
2.5 Oppsummering.....	13

2.6 Problemstilling og hypotese.....	14
2.6.1 Problemstilling.....	14
2.6.2 Hypotese	14
3.0 Metode	15
3.1 Design	15
3.2 Utvalg.....	15
3.2.1 Rekruttering	15
3.2.2 Etske aspekt	17
3.2.3 Inndeling i grupper	17
3.3 Testprotokoll	18
3.3.1 Muskelmasse	19
3.3.2 Muskeltykkelse	20
3.3.3 Spent (SJ)	21
3.3.4 Power	22
3.3.5 1RM knebøy	24
3.3.6 MVC (RFD).....	25
3.4 Intervensjon.....	28
3.5 Statistikk	30
4.0 Resultat.....	31
4.1 Treningsvolum	31
4.2 Maksimal muskelstyrke	32

4.2.1 1RM.....	32
4.2.2 MVC	33
4.3 Eksplosiv muskelstyrke	33
4.3.1 Maksimal Power Output.....	33
4.3.2 RFD til Peak Force	34
4.3.3 RFD til 200ms (RFD ₂₀₀).....	34
4.3.4 Squat Jump	34
4.4 Hypertrofi.....	35
4.4.1 Muskelmasse Bein (Kg)	35
4.4.2 Muskeltykkelse	35
5. Diskusjon.....	37
5.1 Hovedfunn.....	37
5.2 Styrke	37
5.3 Hypertrofi.....	39
5.4 Spenst.....	40
5.5 Styrker og Svakheter.....	41
5.5.1 Design.....	41
5.5.2 Inklusjon og Eksklusjonskriterier	42
5.5.3 Frafall.....	43
5.5.4 Intervensjon	43
5.5.5 Generaliseringsmuligheter	45

6. Konklusjon	46
Litteraturliste	47
Vedlegg 1	57
Informasjonsskriv med samtykke	57
Vedlegg 2	60
NSD Godkjenning	60
Vedlegg 3	61
Testskjema	61
Vedlegg 4	63
Treningslogg for TG1 og TG2.....	63

1.0 Innledning

Designet av et treningsprogram består av en rekke variabler som spiller en rolle for treningsprogrammet sin helhetlige funksjon for å oppnå ønsket progresjon og prestasjon. Disse variablene inkluderer motstand, volum, øvelsesutvalg, periodisering, hviletid, repetisjonshastighet og frekvens (Fleck & Kraemer, 2014). Frekvens som individuell variabel er noe omdiskuter om hvorvidt den har en egen effekt på prestasjon i seg selv eller om den har en egen selvstendig funksjon (Grgic et al., 2018; Ralston, Kilgore, Wyatt, Buchan, & Baker, 2018; Schoenfeld, Ogborn, & Krieger, 2016; Schoenfeld et al., 2014; Schoenfeld, Ratamess, Peterson, Contreras, & Tiriyaki-Sonmez, 2015). Konsensus per dags dato er at frekvens har en viktig rolle, og en stor påvirkning på treningsutbyttet, men til hvilken grad det er avgjørende for resultatet er et omdiskutert tema. Tidligere studier kan tyde på at det muligens ikke er frekvens alene som er avgjørende. Det som tidligere studier også peker på er at det interessante og nødvendige fremover er å utarbeide studier på frekvens der volumet er utlignet, og om frekvensen da vil være avgjørende for prestasjonsutviklingen, og om dette vil påvirke andre variabler (Grgic et al., 2018; Ralston et al., 2018; Schoenfeld, Grgic, Ogborn, & Krieger, 2017; Schoenfeld et al., 2016; Schoenfeld et al., 2014). Ved å øke frekvensen kan man minimere tiden man bruker på trening og/eller muliggjør hyppigere treningsøkter per muskelgruppe. Komplekse øvelser med bevegelser som går over flere ledd er også svært takserende på kroppen, kortere økter kan da muliggjøre en opprettholdelse av intensiteten ved bruk av gode pauser og kortere varighet (Grgic, Lazineca, Mikulic, Krieger, & Schoenfeld, 2017). Det kan potensielt gjøre trening lettere og mer gjennomførbart på individ nivå der det også er ytre faktorer som styrer hvordan man kan trene, som samfunnsmessige og familie situasjoner.

Dette er også gunstig informasjon for utøvere og trenere som programmerer for seg selv og utøvere. Manipulering av frekvens kan gi perioder med høy belastning, men om dette også kan gi bedre resultater når volumet er utlignet vil det være spesielt gunstig med tanke på overtrening og lignende (Schoenfeld et al., 2016).

2.0 Teori

2.1 Hva bestemmer muskelstyrken

For å vite hvordan vi skal bli sterkere er det nødvendig å vite hvilke faktorer som påvirkes under styrketrening. Muskelstyrken bestemmes av flere faktorer, hvor viktige de er for kraftutviklingen vil variere ut i fra hvordan musklene brukes (Raastad, Paulsen, Refsnes, Rønnestad, & Wisnes, 2010). Styrketrening er anerkjent som en effektiv måte å forbedre muskulær styrke og muskulær hypertrofi som er fundamentale komponenter for god fysisk helse og funksjon (Hunter et al., 2008; Schoenfeld et al., 2016). Styrketrening er også den hovedsakelige aktiviteten vi som mennesker kan gjøre for å øke muskulær styrke og hypertrofi gjennom hele livet (Schoenfeld, 2010).

2.1.1 Muskulære Bestemmelser

Tverrsnittet til en muskelgruppe er eksempelvis den viktigste faktoren for kraftutvikling for maksimal styrke, mens andelen av raske muskelfibre og muskelens arkitektur, i hovedsak lengde, er her avgjørende faktorer for vår eksplosive styrke.

Det er viktig å påpeke at det er det største tverrsnittsarealet på muskelbuken som bestemmer styrken ved maksimal aktivering. For å bruke dette som et mål i sammenheng med styrke er det derfor viktig at man finner det faktiske tverrsnittet, da muskelen kan variere i tykkelse fra utspring til feste. Den direkte sammenhengen mellom tverrsnitt og maksimal styrke ligger i hvor mange sarkomerer i parallell og hvor mange tverrbroer mellom sarkomerene som ligger i parallell. Derfor spiller det liten rolle for styrken om tykkelsen i muskulaturen er grunnet mange eller tykke muskelfibre (Raastad et al., 2010; Rønnestad, Kojedal, Losnegard, Kvamme, & Raastad, 2012). Flere muskelfibre vil være gunstig for andre aktiviteter som krever arbeid over lenger tid.

I tillegg til muskelens anatomiske tverrsnitt vil også muskelens arkitektur være avgjørende for hvor stor kraft den aktuelle muskelen kan utvikle. Med arkitektur menes hvordan muskelfibrene er ordnet i forhold til lengderetningen av muskelen (Raastad et al., 2010). Det kan imidlertid se ut til at det ikke er de store utslagene om vi ser på det anatomiske eller det fysiologiske tverrsnittet når det kommer til langsom kraftutvikling (Bamman, Newcomer, Larson-Meyer, Weinsier, & Hunter, 2000). Ved høyere hastighet vil vinklingen av muskelfiber bli mer gjeldende. Skråstilte muskelfiber gir generelt sett bedre rom for flere muskelfiber i muskelen (Raastad et al., 2010).

Muskellengden vil også være med å bestemme hvor mye kraft en muskel kan utvikle. Det er velkjent at en muskel er spent opp mellom to punkter og danner momentarmer. Kraften som utvikles kan varierer stort fra person til person da momentarmene er forskjellige. Årsaken til forholdet mellom kraft og lengde ligger som sagt i hvordan muskelen er festet, men også i graden av overlapp mellom aktin og myosinfilamentene i hver sarkomer, som igjen bestemmer hvor mange tverrbroer vi kan danne ved maksimal aktivering (Raastad et al., 2010).

Hovedsakelig har vi tre typer muskelfibre, type I, type IIA og type IIX. Dette er en grov inndeling basert på at det finnes tre isoformer av de tunge myosinkjedene i skjelettmuskulaturen til mennesket. Der eksisterer også mellomstadier mellom disse typene, som er bygd opp av blandingskjeder, men det er i hovedsak disse tre typene som er med å bestemme de kontraktile egenskapene i muskelfibrene, da spesielt med tanke på forkortningshastigheten (Raastad et al., 2010). I utgangspunktet vil alle muskelfibertypene utvikle en tilnærmet lik kraft ved samme tverrsnittareal i en isometrisk muskelaksjon hos normalt aktive individ (Fitts & Widrick, 1996). Forskjellene blir derimot tydeligere når forkortningshastigheten økes, under normale forhold er type IIA dobbelt så raske som type I, type IIX kan være 3-4 ganger raskere enn type I (Raastad et al., 2010). Siden effekten av at muskelarbeid måles i Watt (kraft x hastighet), så kan derfor andelen av de forskjellige fibrene være med på å skape betydelig større eller mindre effekt på et samme tverrsnittareal. Visst vi ser på målinger av muskelkraften i sammenheng med muskelfibertyper kan vi se at type IIA kan produsere omtrentlig fem ganger mer kraft enn type I, og type IIX kan produsere omtrentlig ti ganger mer kraft enn type I (Fitts & Widrick, 1996).

Siden det er antallet tverrbroer som dannes mellom myosin og aktin i muskeltverrsnittet som bestemmer maksimal kraft, kan potensielt en tettere pakning av filamentene føre til en større kraft ved et gitt tverrsnittareal. Dette kan skyldes en tettere pakning av myofibrillene, men det spekuleres også i at det skapes forskjellig kraft i hver enkelt tverrbro avhengig av muskelfibertype (Geiger, Cody, Macken, & Sieck, 2000). Det er imidlertid uklart hvorvidt styrketrening påvirker pakkingen av myofibrillene, men det ser ikke ut til at det gjør betydelige utslag (Widrick, Stelzer, Shoepe, & Garner, 2002).

2.1.2 Neurale Bestemmelser

Kraften i en muskel reguleres ikke bare fysiologisk, men også nevralt. Kraften reguleres gjennom hvor mange motoriske enheter som blir rekruttert, og i hvilken kraft som blir utviklet

i hver enkelt enhet i muskulaturen. Det er velkjent at vi rekrutterer ulike motoriske enheter i en muskel etter et hierarkisk system når vi gradvis øker dreiemomentet over et ledd (Raastad et al., 2010). I tillegg til å regulere antallet motoriske enheter bruker vi også fyringsfrekvensen til sentralnervesystemet (SNS) til å regulere kraften i hver enkel motorisk enhet ut fra kravene som blir stilt til muskulaturen. Generelt sett vil muskelen benytte allerede aktiverte motoriske enheter opp mot 80% av maksimal kraftutvikling, deretter må fyringsfrekvensen økes for å rekruttere de resterende 20% for å oppnå maksimal kraftutvikling (Raastad et al., 2010). Det vil si at ved tidspunktet vi oppnår maksimal kraft så vil alle våre motoriske enheter være aktivert på generell basis. Det finnes også unntak fra hierarkiet, da spesielt ved eksplosive muskelaksjoner, der vil høyst sannsynlig alle enhetene rekrutteres samtidig (Raastad et al., 2010) Et annet unntak fra hierarkiet er ved submaksimale eksentriske muskelaksjoner, der det har blitt sett at hierarkiet har blitt snudd på hodet, ergo rekruttering av type II fiber først og omtrent inaktive type I fiber (Christova & Kossev, 2000). I en maksimal muskelaksjon er det heller ikke bare de fysiologiske faktorene som avgjør kraftutviklingen. Motiverte testpersoner vil også kunne ha store forskjeller fra umotiverte testpersoner, ergo viljestyrt kraftutvikling bestemmer også kraftutviklingen i samarbeid med de fysiologiske egenskapene (Raastad et al., 2010).

2.2 Styrketrening

Styrke i seg selv blir definert som «den maksimale kraften eller det dreiemomentet en muskel eller muskelgruppe kan skape ved en spesifikk eller forutbestemt hastighet» (Knuttggen & Kraemer, 1987) Siden styrke omfatter evnen til å skape kraft kan derfor styrketrening defineres 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» (Raastad et al., 2010). Styrketrening omfatter evnene til maksimal kraftutvikling i hele spekteret av forkortningshastigheter i muskulaturen. Derfor deles styrke inn i to hovedkategorier, maksimal og eksplosiv styrke.

Maksimal styrke er den største kraften vi klarer å utvikle ved langsomme bevegelser, det være seg konsentrisk, eksentrisk eller isometriske aksjoner. En vanlig måte å måle maksimal styrke på er gjennom 1RM tester i de aktuelle øvelsene man trener for, være seg styrkeløft, vektløfting eller andre former for løft. Maksimal styrketrening blir da all trening som har til hensikt å øke evnen til maksimal kraftutvikling ved langsomme bevegelser eller

ved rene maksimale isometriske muskelaksjoner. Normalt sett er dette trening med så høy motstand at vi bare klarer 10-12 repetisjoner. For godt trente vil trening med en til seks repetisjoner være å betrakte som tradisjonell styrketrening. Den maksimale styrken påvirkes imidlertid stort i stor grad av flere repetisjoner med lettere motstand, så det vi være naturlig å definere styrketrening med trening opp mot 12 repetisjoner (Raastad et al., 2010).

Eksplosiv styrke er evnen til å utvikle størst mulig kraft hurtig. Både spenst og hurtighet er begreper som kommer inn under eksplosiv styrke da formålet er å utvikle mest mulig kraft over så liten tid som mulig. Den delen av eksplosiv styrke som omhandler å hurtigst utvikle mest mulig kraft i en isometrisk aksjon omtales som «hurtighet på kraftutvikling/ Rate of force development» (RFD). Eksplosiv styrketrening blir da all trening som gjennomføres med maksimal mobilisering i hver repetisjon uavhengig av ytre motstand. Intensjonen med treningen er å kunne akselerere bevegelsen hurtigst mulig og dermed skape størst mulig hastighet eller å komme hurtigst mulig opp i stor kraft (Raastad et al., 2010).

2.2.1 Adapsjon til styrketrening

Målet med styrketrening er å øke muskelstyrken og, eller å vedlikeholde god muskelstyrke (Raastad et al., 2010). Styrketrening vil naturligvis føre til forandringer i muskulatur og muskelstyring, men vil også skape tilpassinger i sener, bindevevet og skjelettet. Tilpassinger i muskelaktivering, muskelstruktur, og annet vev medfører også endringer i funksjon.

Avhengig av hvilken type styrketrening som blir gjennomført vil vi få endringer som på ulike måter påvirker prestasjons- og funksjonsevne i konkurranse og i dagliglivet. Generelt sett vil styrketrening med høy motstand medføre store endringer i maksimal styrke og muskelmasse, samt påvirke sener, bindevev og knokler (Raastad et al., 2010).

Treningsstatus vil spille en stor rolle med tanke på utviklingen vi kan forvente oss av styrketrening. Treningsstatusen reflekterer en rekke variabler og tilpassinger, som fysisk form, treningserfaring og genetiske disposisjoner for styrke og muskelutvikling (Ratamess et al., 2009). De som har liten til ingen treningserfaring eller ikke har trent styrke på flere år vil generelt sett respondere bra på de fleste former for styrketrening. Dette gjør det vanskelig å evaluere forskjellige treningsprotokoller på denne gruppen mennesker (Fleck, 1999; Häkkinen, 1985). Hvor fort vi er i stand til å utvikle styrke varierer voldsomt mellom trente og utrente individ (Kraemer & Ratamess, 2004). Der trente individ viser en mye saktere utvikling av styrken enn utrente (Giorgi, Wilson, Weatherby, & Murphy, 1998; Häkkinen, Komi, Alén, & Kauhanen, 1987; Häkkinen, Pakarinen, Alén, Kauhanen, & Komi, 1988;

Schiotz, Potteiger, Huntsinger, & Denmark, 1998). Litteraturen kan vise til at muskulær styrke kan øke omtrentlig 40% hos utrente, 20% hos moderat trente, 16% hos trente, 10% hos godt trente, og 2% hos eliten over perioder som spenner fra 4 uker til 2 år. Her vil individ som anses som moderat trente til trente ha en konsistent treningsperiode på omtrent 6 måneder, godt trente vil være de individene som har trent målrettet gjennom flere år og oppnådd betydelige resultat med tanke på muskulær styrke, eliten vil være atleter som har oppnådd et høyt nivå innenfor konkurranseidrett med styrke. Selv om intervensjonene, lengden på studiene og testprotokollene variere stort i studiene som er gjennomført så kan vi se en klar tendens for at hastighet på progresjon vil gå ned ved økt treningserfaring (Ratamess et al., 2009). Det vil med andre ord bli vanskeligere og vanskeligere, å skape adaptasjoner til styrketrening da progresjon vil avta etter tid. Det er liten tvil om at de absolutt største forandringene som følge av styrketrening og muskulær styrke skjer i de tidligste fasene av en treningskarriere (Häkkinen, 1985). Studier som har sett på styrkeutvikling over forskjellige tidsperioder og varierende treningsmetoder støtter også opp under dette konseptet. Korte studier på 11 til 16 uker har visst seg å ha de største utviklingene i muskulær styrke i løpet av de 4 til 8 første ukene av intervensjon (Hickson, Hidaka, & Foster, 1994; O'Bryant, Byrd, & Stone, 1988). Lignende resultat har også blitt observert under studier på opptil 1 år (Morganti et al., 1995). Dette gir et grunnlag for å si at de hurtige økningene i muskulær styrke oppstår i hovedsak hos utrente individ i startfasen av en treningskarriere og viser en klar tendens mot at adaptasjonene i favør muskulær styrke avtar over tid. Dette bygger opp under tanken om at utrente individer ikke er optimale forsøkspersoner for å teste ut ulike treningsmetoder.

2.2.2 Muskulær Styrke

Evnen det neuromuskulære systemet har til å utvikle kraft er avgjørende for all menneskelig bevegelse. Muskelfiber innordnet etter deres kontraktile og metabolske karakteristikk viser et lineært forhold til muskelens tverrsnitt og den maksimale kraften som enhver muskel kan produsere (Finer, Simmons, & Spudich, 1994; Raastad et al., 2010), som nevnt over. Det er ikke bare muskelens fiber og størrelse som har en innvirkning på kraften vi kan utvikle derimot vil også muskelens lengde, leddenes vinkel og kontraksjonshastigheten kan også være med på å forme hvor godt kraften i muskelen kan bli uttrykt gjennom bevegelse (Gülch, 1994; Knapik, Mawdsley, & Ramos, 1983). Kraftutviklingen vil også være avhengig av graden og hurtigheten på rekrutteringen av motoriske enheter (D. G. Sale, 1988). Rekrutteringen av motoriske enheter foregår i et hierarkisk system fra minst til størst (Raastad et al., 2010) og denne rekrutteringen er trenbar. En økt neural funksjon, større rekrutteringsgrad og

rekrutteringshastighet (Carroll, Selvanayagam, Riek, & Semmler, 2011; Leong, Kamen, Patten, & Burke, 1999), forandringer i muskelens arkitektur (Kawakami, Abe, & Fukunaga, 1993), økning i muskelens tverrsnitt (Raastad et al., 2010) er alle adaptasjoner fra styrketrening, og potensielt har metabolittene (Rooney, Herbert, & Balnave, 1994) en rolle som er med på å øke vår muskulære kraft gjennom styrketrening. Hvorvidt og hvor stor økning i muskulær styrke er avhengig av flere muskelaksjoner som intensitet, øvelsesutvalg, volum, hvile og frekvens.

De fleste treningsprogram inkluderer dynamiske bevegelser med både eksentriske og konsentriske bevegelser, der isometriske bevegelser spiller en mindre rolle. Dette er et tankekors når det kommer til testing av muskulær styrke på isometrisk måte. Det kan tenkes at dette ikke er like hensiktsmessig som å teste styrken i bevegelse da med tanke på styrkens spesifisitet når vi går ut fra spesifisitetsprinsippet i treningsprogram (Kraemer & Ratamess, 2004; Raastad et al., 2010; Ratamess et al., 2009). Det er i den eksentriske fasen av et løft at den største kraften blir utviklet i muskulaturen per motoriske enhet (Komi, Kaneko, & Aura, 1987). Eksentrisk bevegelse er også mer effektive i et neuromuskulært perspektiv (Komi et al., 1987), mindre metabolsk krevende og mer mottakelig for hypertrofisk respons (Hather, Tesch, Buchanan, & Dudley, 1991), men kan igjen resultere i mer sårhet i muskulatur i restitusjonsfasen sammenlignet med konsentriske bevegelser (Ebbeling & Clarkson, 1989). Det tyder på at de neuromuskulære adaptasjonene for maksimal styrke er størst når dynamiske bevegelser der konsentriske og eksentriske fase er involvert er det som gir de beste resultatene med tanke på progresjon i styrke (Ratamess et al., 2009).

Økt muskelstyrke med styrketrening er et resultat av nevralt og muskulære adaptasjoner (Hong, Hong, & Shin, 2014; Schoenfeld et al., 2015). Disse bevegelsene og øvelsene må gjøres med gjentatt eksponering, og med tilstrekkelig stimuli for å skape neuromuskulær tilpassing (Ratamess et al., 2009).

2.2.3 Muskulær Hypertrofi

Muskulær hypertrofi er et resultat av akkumulert protein, gjennom enten økt proteinsyntese, redusert nedbryting eller begge deler (Booth & Thomason, 1991). Det har blitt observert at man opplever en økning i proteinsyntesen i skjelettmuskulaturen allerede etter en krevende økt med styrketrening (Phillips, 2000; Phillips, Tipton, Aarsland, Wolf, & Wolfe, 1997). Proteinsyntesen vil være på sitt høyeste, omtrentlig 24 timer etter trening og vil ha en akutt økning to til tre timer etter trening, og vil opprettholde en økt proteinsyntese opp mot 36 til 48

timer etter styrketrening (Gibala, MacDougall, Tarnopolsky, Stauber, & Elorriaga, 1995; Phillips et al., 1997).

Flere faktorer har også vist seg avgjørende for muskulær hypertrofi. Raske muskelfiber responderer generelt sett mer hypertrofisk enn tregere muskelfiber (Hather et al., 1991; McCall, Byrnes, Dickinson, Pattany, & Fleck, 1996). Dynamisk bevegelse, muskelforkortelse og muskelforlengelse øker proteinsyntesen (Cuthbertson et al., 2006). Dessuten er mekanisk skade som følge av eksentrisk motstand er et kjent stimuli for hypertrofi (Barnett, Holly, & Ashmore, 1980; Gibala et al., 2000). Denne effekten blir noe redusert over tid da kroppen tilpasser seg aktiviteten (Gibala et al., 2000). Uansett om bevegelsene potensielt påfører muskulaturen skade råder det fortsatt uenighet om dette er et krav for å oppnå hypertrofi. Muskelvevets gjenoppbyggelsesprosess har blitt vist å bli påvirket av flere faktorer som konsentrasjonen av testosteron, veksthormon, kortisol og insulin. Disse stoffene som oppstår naturlig i kroppen er vist å øke naturlig, direkte etter en styrketreningsøkt (Adams, 1998; Kraemer et al., 1991; Kraemer et al., 2002; McCall, Byrnes, Fleck, Dickinson, & Kraemer, 1999; T. Raastad, Bjøro, & Hallén, 2000). Utviklingen av hypertrofi har blitt undersøkt hos tidligere utrente der det kan tyde på at treningsprogresjonen i startfasen er i all hovedsak et resultat av neurale adaptasjoner, det er først etter 6-7 uker at muskulær hypertrofi blir observert (Kraemer & Ratamess, 2004; Phillips, 2000). Etter den initiale treningsresponsen vil hypertrofi gjøre seg gjeldende i videre utvikling av muskulaturens funksjon, i et samspill med neurale adaptasjoner. Dette gjør at nervesystemet kan rekruttere en lavere andel av muskulaturen for å gjennomføre samme arbeid som kroppen tidligere måtte bruke mer av muskulaturen på å utføre. Dette bygger opp under at det må være progresjon i motstanden for å videre oppnå maksimal rekruttering av muskelfiber og dermed muskulær hypertrofi når adaptasjonene til styrketreningen har funnet sted i muskulaturen (Kraemer & Ratamess, 2004; Ratamess et al., 2009). Dette kan tyde på at treningsprogram for viderekomne individer innenfor styrkeidretter må ta høyde for samspillet mellom neurale og hypertrofiske responser til trening for å maksimere styrke så vel som hypertrofi.

2.3 Treningsvariabler

For å forstå hvordan styrketrening fungerer er det viktig å vite til hvilket formål man trener og ha kunnskap om de forskjellige variablene, da hovedsakelig, treningsfrekvens, treningsvolum, og treningsmotstand.

2.3.1 Volum

Treningsvolumet er ansett som produktet av sett x repetisjoner x motstand (Raastad et al., 2010). Flere studier har vist at flere systemer er følsomme for treningsvolumet, som de nervøse, metabolske, hormonelle og muskulære systemene (Häkkinen, Komi, et al., 1987; Häkkinen, Pakarinen, Alén, Kauhanen, & Komi, 1987; Kraemer, 1997; Kraemer et al., 2000; Kramer et al., 1997). Volumet kan forandres og tilpasses i treningssammenheng ved å forandre antall sett, repetisjoner eller motstand (Raastad et al., 2010). For å oppnå en økning i volumet eller en bedre håndtering av volumet over tid kan man også forandre treningsfrekvensen og på den måten fordele det totale treningsvolumet utover en lenger periode. I et klassisk styrkeprogram med lavt antall repetisjoner, men der intensiteten er høy vil det være høyst nødvendig å overvåke det totale volumet med den hensikt å redusere risiko for overtrening (Fry & Kraemer, 1997). Moderat motstand og, et høyere antall sett og repetisjoner er karakteristisk for muskulær hypertrofi trening og blir ansett som høy-volums programmer. Der det er totalt arbeid i tillegg til kraft utviklet som ser ut til å være avgjørende for muskulær hypertrofi (Kraemer, 1997; Kraemer et al., 2000; Moss, Refsnes, Abildgaard, Nicolaysen, & Jensen, 1997; Rhea, Alvar, Burkett, & Ball, 2003). Tradisjonell styrketrening med lavt antall repetisjoner, høy motstand og lenger hviletid mellom settene kan også produsere betydelig hypertrofi (Campos et al., 2002; Häkkinen, Alén, & Komi, 1985; Tesch, Komi, & Häkkinen, 1987), men det totale arbeidet i form av treningsvolumet er muligens ikke optimalt for hypertrofi i tradisjonell styrketrening (Fleck & Kraemer, 2014). Lett til moderat motstand med mange sett og et høyt antall repetisjoner kan ansees som muskulær utholdenhetstrening. På dette grunnlaget kan vi si at ethvert treningsprogram burde basere treningsvolumet på individuelle forskjeller, målsettinger og mulighetene for optimal progresjon i sin gitte idrett (Kraemer & Ratamess, 2004).

2.3.2 Motstand

Med motstand menes vekten som blir løftet eller resistansen i en gitt utøvelse og er avhengig av flere variabler som rekkefølgen på øvelser, volum, frekvens, muskelarbeid, hurtighet på repetisjonene og hviletid mellom sett (Kraemer & Ratamess, 2000). Ved å påvirke treningsmotstanden ser det ut til at vi kan påvirke en rekke treningsresponsen som skjer i kroppen, som den akutte metabolske responsen, den hormonelle responsen, neural respons og de kardiovaskulære responsene (Fleck, 2003; Häkkinen et al., 1985; Kraemer et al., 1991; Kraemer et al., 1990; Kraemer, Ratamess, & Komi, 2003; D. G. Sale, 1988). Hvilke motstander vi velger å bruke i treningsprogram vil derfor være avhengig av flere variabler.

Det vil i stor grad være avhengig av tidligere treningserfaring og individuelle målsettinger med treningen. Ved liten eller ingen treningserfaring vil behovet for høy motstand i styrketrening være mindre enn når det kommer til mer erfarne individer innenfor styrketrening. Dess bedre erfaring og fysisk form vil kreve en høyere treningsmotstand for videre utvikling i styrke (Raastad et al., 2010). Det kan tyde på at motstand på eller større enn 80-85% av 1RM er nødvendig for å produsere neurale adaptasjoner hos godt trente individ (Häkkinen et al., 1985). Det er også vist at motstand under 60% generelt sett ikke er nok til å øke styrke hos normalt friske individ (Rhea et al., 2003; Sharp, 1991). Maksimering av styrkeutviklingen kan bare skje når det maksimale antallet av motoriske enheter er rekrutterte. Derfor er en høy motstand nødvendig for å rekruttere de motoriske enhetene med høyest terskel for å bli rekruttert (Kraemer & Ratamess, 2004). Disse motoriske enhetene vil man nødvendigvis ikke klare å rekruttere ved lett til moderat motstand. Sett i sammenheng med volum vil det også være lettere å oppnå utvikling for maksimal styrke innenfor en til seks repetisjoner. Høyere antall repetisjoner som seks til tolv repetisjoner vil også påvirke styrke, men motstanden vil være vanskelig å opprettholde på et slikt nivå at vi får størst mulig utvikling på styrke (Kraemer & Ratamess, 2004).

2.3.3 Frekvens

Dagens anbefalinger for treningsfrekvens for styrketrening varierer stort, men i hovedsak fra to til fem treningsdager i uken avhengig av individets treningserfaring. Kvantifisering av restitusjonstid på tvers av treningsstatus, kjønn og muskelgrupper er vanskelig. Retningslinjer fra ledende organisasjoner på fysisk helse er med å skape føringer for resten av verden, American College of Sports Medicine (ACSM) anbefaler en treningsfrekvens på to til tre dager for friske, voksne mennesker. Disse anbefalingene for treningsfrekvens har i liten grad styrke fra forskning, men mer formodninger om potensielt gunstige frekvenser. Mangelen på forskning på området vil gjøre dagens anbefalinger for fysisk aktivitet og trening mindre robuste (Ralston et al., 2018). Treningsfrekvensen kan manipuleres på flere måter, avhengig av formålet (Ralston et al., 2018). Problematikken med frekvens som treningsvariabel er at denne i hovedsak har fått en «føle seg frem» tilnærming i henhold til utformingen av treningsprotokoller for muskulær styrke og hypertrofi. Denne variabelen har fått utilstrekkelig oppmerksomhet for å konkludere på et vitenskapelig grunnlag (Schoenfeld et al., 2016; Steib, Schoene, & Pfeifer, 2010). Det har blitt postulert at på generell befolknings basis er en treningsfrekvens på to til tre dager i uken og at generelt sett vil atleter ha fremgang på fire til seks dager i uken (Kraemer & Ratamess, 2004). Det som kan være en utfordring med dette er

at frekvens som treningsvariabel åpner opp for en del komplikasjoner. Frekvensen på stimuli til samme muskelgruppe kan potensielt gå på kompromiss med restitusjonsbehovet og dermed resultere i overtrening med nedgang i muskulær styrke og atrofi (Meeusen et al., 2013). På den andre siden kan en for lav frekvens resultere i en overdreven hvile mellom treningsøkter og derpå oppleve en nedgang grunnet for lite stimuli (Coelho, Rodrigues, de Oliveira Gonçalves, & Uchida, 2017).

2.4 Effekten av frekvens på muskelstyrke og muskelvekst

Med frekvens menes det hvor mange treningsøkter man har over en gitt periode, f.eks. en uke, og kan potensielt påvirke adaptasjonene til styrketrening. Frekvens inkluderer også antall ganger hver muskelgruppe blir trent i en gitt periode. Hvordan vi håndterer frekvens i treningen vil være avhengig av flere variabler, som volum, intensitet, øvelsesutvalg, treningserfaring, restitusjon, næringsinntak og treningsmål (Kraemer & Ratamess, 2004). Trening med høy motstand vil f.eks. sette andre krav til restitusjon enn lavere motstand. Trening med ekstremt høy motstand, da spesielt i eksentrisk fase kan kreve så mye som 72 timer før man er restituert, der lettere og mer moderat motstand vil kreve mindre tid for full restitusjon. En studie viste at utrente kvinner av variert alder bare restituerte omtrentlig 94% av styrken sin 48 timer etter en treningsøkt på bein med fem sett og 10 repetisjoner med 10 RM (Häkkinen, 1995). Flere studier har sett på treningsfrekvens med to til tre dager i uken hos tidligere utrente individ og dette har vist seg å være en gunstig frekvens for denne målgruppen (Coyle et al., 1981; Hickson et al., 1994). Denne frekvensen har igjen blitt funnet å være en gunstig vedlikeholdsfrekvens for de som er moderat til godt trente (Graves, 1988). Høyere frekvens enn dette kan være gunstig for videre utvikling a godt trente (Coyle et al., 1981; Hunter, 1985). En studie som så på frekvens med fokus på «overreaching», nivået før overtrening, viste at det kan ha positiv effekt på styrkeutviklingen (Ratamess et al., 2003). Det er samtidig viktig å tenke på frekvens som en variabel, som potensielt kan påvirke mange andre faktorer som nevnt over. Spesielt med tanke på overreaching er dette viktig å ta høyde for, da det fort kan lede til overtrening med påfølgende skader og nedgang i prestasjon (Kraemer, Adams, et al., 2002). Det vi kan se om frekvens er at flere studier har brukt frekvenser på to og tre treningsdager per uke (Schoenfeld et al., 2016) Dette har vist seg å være gunstige frekvenser for individer som vil oppnå progresjon i sin styrketrening. Studier over denne frekvensen, på tre dager har manglende bevisgrunnlag (Schoenfeld et al., 2016;

Schoenfeld et al., 2014). Det er likevel et par studier som viser at frekvenser med fire til fem dager i uken er gunstig i forhold til tre, og tre dager i uken er gunstig i forhold til en og to dager i uken (Graves, 1988; Hunter, 1985). Nyere forskning støtter også opp under dette, men i hovedsak at to dager er klart bedre enn en dag med tanke på maksimal styrkeutvikling, om fire og fem dager er bedre enn tre har vi ikke nok, og god nok forskning til å konkludere med enda (Schoenfeld et al., 2016; Schoenfeld et al., 2014). Derimot sier resultatet av en metaanalyse at der kan være gunstige effekter opp mot det å trene samme muskelgruppe flere ganger der treningsprogrammene er utlignet for treningsvolum (Schoenfeld et al., 2016). En studie undersøkte styrkeutvikling hos utrente menn i benkpress som trente enten en, to, tre, fire eller fem dager i uken i åtte uker. Resultatene av denne studien viste at det å trene fem dager i uken ga større utvikling i styrke i benkpress enn de andre gruppene som trente færre dager i perioden (Mckenzie, 1981). Denne studien har i likhet med flere andre et problem som gjør at vi ikke kan si spesielt mye om frekvens som individuell treningsvariabel. Det som viser seg er at denne studien som i likhet med mange andre på feltet ikke tar høyde for treningsvolumet (Ralston et al., 2018). De som hadde vært i gruppen som trente fem dager i uken hadde ved slutt av intervensjonsperioden hatt et betydelig høyere treningsvolum. En annen studie som så på effekten av fullkroppsprogrammer på erfarne styrkeutøvere sammenlignet en og tre dager der treningsvolumet var utlignet. Her ble det ikke funnet noen signifikante forskjeller på styrken hos forsøkspersonene. Konklusjonen var at en dag i uken kan være like effektivt som tre dager i uken (McLester, Bishop, & Guilliams, 2000).

Til min viten er det gjennomført to systematiske meta-analyser på frekvens i forhold til muskulær styrke og en systematisk meta-analyse som ser på frekvens i forhold til hypertrofi når volumet er utlignet. Ralston et al. (2018) konkluderer med at der ikke eksisterer en signifikant effekt på muskulær styrke når volumet er utlignet. Når vi sammenligner en og tre treningsdager og tar høyde for treningsvolum, så tenderer det mot at å trene to dager i uken er klart bedre enn en dag i uken, med tanke på muskulær hypertrofi som utfall. Spørsmålet om at noe mer enn to dager i uken er gunstig, eksisterer det ikke tilstrekkelig mengde bevis for å konkludere med verken for eller imot. Grgic et al. (2018) viser at det er en tendens for økt muskulær styrke ved høyere frekvens, men denne effekten ser ut til å være hovedsakelig drevet av treningsvolum. Når treningsvolumet var utlignet var det ingen signifikante forskjeller i sammenheng med treningsfrekvens. Treningsfrekvens er på den andre siden ifølge Grgic et al. (2018) en praktisk variabel å forandre med tanke på å øke treningsvolumet og på den måten oppnå ønsket resultater i forhold til muskulær styrkeutvikling, men det

forblir uklart om treningsfrekvens som uavhengig variabel har en egen signifikant effekt på styrkeutvikling. Alle disse tre metaanalysene konkluderer med at for å gjøre en mer bastant konkludering i forhold til treningsfrekvens trengs det mer forskning, og denne forskningen bør gjøres med et intervensjonsdesign der treningsvolumet er utlignet mellom gruppene (Grgic et al., 2018; Ralston et al., 2018; Schoenfeld et al., 2016). Hovedproblemet med dette kunnskapsgrunnlaget på treningsfrekvens er at det svekker etablerte metodiske tilnærminger til styrketrening, da med tanke på treningsmotstand og treningsvolum for styrkeutvikling (Carroll, Abernethy, Logan, Barber, & McEniery, 1998).

2.5 Oppsummering

Styrketrening er det vi aktivt som mennesker kan gjøre for å utvikle vår muskulære styrke og skape hypertrofiske tilpassinger i muskulaturen (Fleck & Kraemer, 2014; Kraemer, Adams, et al., 2002; Raastad et al., 2010). Det er i all hovedsak gode retningslinjer og enighet om hvordan dette kan oppnås best mulig (Kraemer, Adams, et al., 2002; Kraemer, Ratamess, & French, 2002). Flere studier har sett på frekvens som treningsvariabel, men få har sett på frekvens som uavhengig treningsvariabel der det er tatt høyde for et utlignet treningsvolum, da dette er utfordrende å gjennomføre (Arazi & Asadi, 2011; Ribeiro, 2015; Schoenfeld et al., 2016). Dagens grunnlag for å si noe håndfast om treningsfrekvens er mangelfullt. Dette kan svekke det vi allerede ser som klare retningslinjer for treningsoppsett, men det kreves mer forskning og denne forskningen bør ta høyde for volumet mellom intervensjonsgruppene (Carroll et al., 1998; Grgic et al., 2018; Ralston et al., 2018; Schoenfeld et al., 2016).

2.6 Problemstilling og hypotese

2.6.1 Problemstilling

Hvordan kan 8 uker med styrketrening utlignet for volum påvirkes av frekvensbasert trening med 1 vs. 4 på hypertrofi og styrkeutvikling

2.6.2 Hypotese

Hypotese 1: Høy frekvens-trening vil føre til større endringer i muskelstyrke og muskelvekst enn lav frekvens-trening.

Hypotese 2: Økning, men ingen forskjeller i spenst, da ingen trener spesifikt på spenst.

3.0 Metode

Hensikten med dette prosjektet er å se på treningsfrekvens som individuell variabel i sammenheng med programmering for styrke og hypertrofi hos moderat trente individer, og om denne treningsfrekvensen vil gi ulike resultater på muskeltykkelse, muskelmasse, eksplosive egenskaper og muskelstyrke.

3.1 Design

Før og etter en åtte ukers intervensjonsperiode ble det testet power i konsentrisk fase av knebøy, 1RM knebøy i Smith maskin, Isometrisk styrke i form av RFD og MVC på kraftplattform i Smith Maskin, ultralyd for å måle muskeltykkelse av m. Vastus Lateralis, spensttest, og muskelmasse i underekstremiteten ble målt ved hjelp av en impedansvekt. Før pre-testene ble det også gjennomført en tilvenningstest på power og 1RM knebøy. Bare underekstremitetene ble testet og trent i dette prosjektet for å muliggjøre en større treningsfrihet hos deltagere som allerede drev med annen form for muskel og styrketrening.

Dette prosjektet har benyttet seg av en kvantitativ forskningsmetode med et stratifisert randomisert studiedesign.

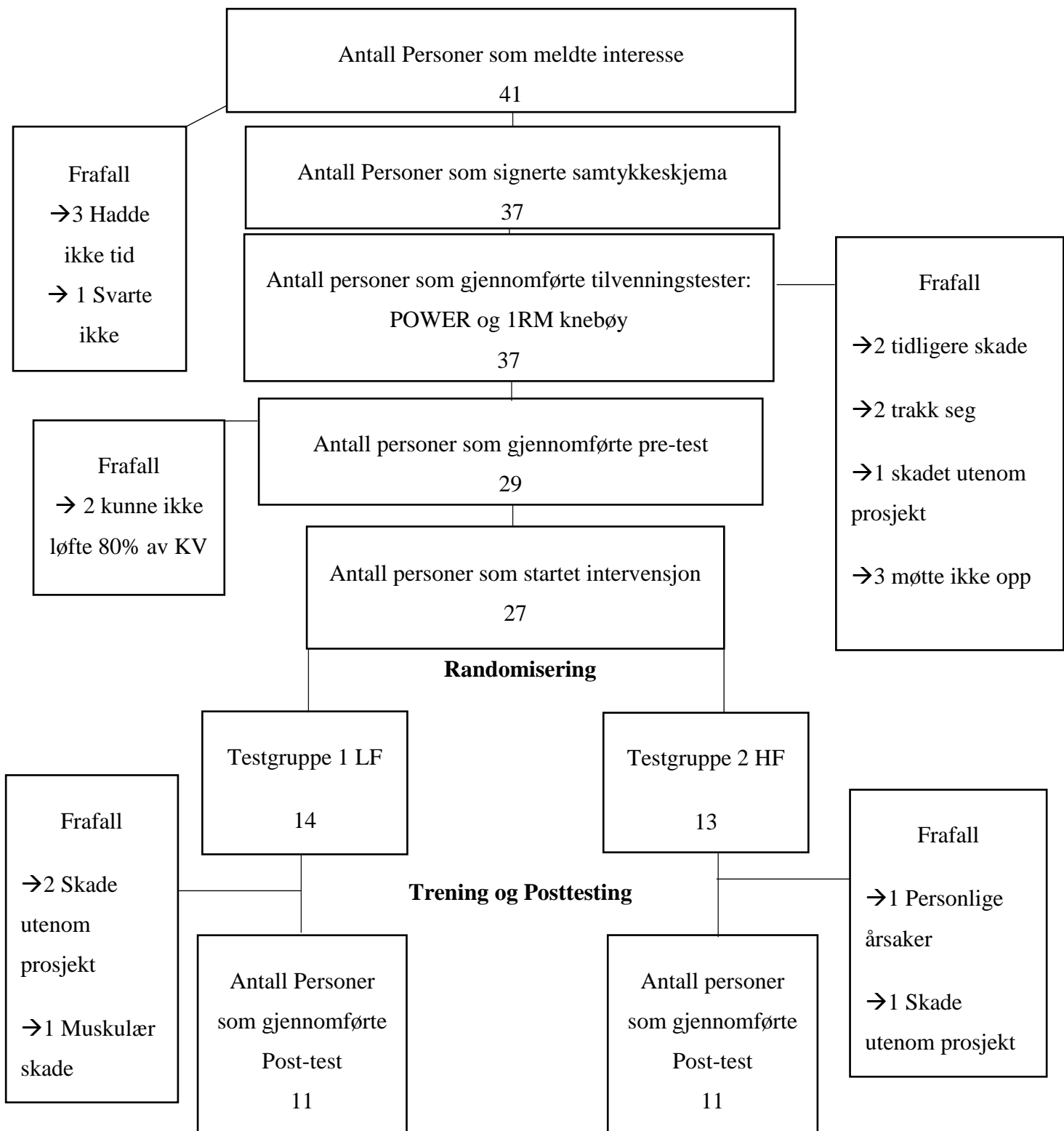
Kvantitativ forskning baserer seg på evnen og muligheten til å måle og telle forekomster av et fenomen i forhold til et annet. I dette tilfellet høy-frekvens (HF) og lav-frekvens (LF) mellom treningsgruppene. Det er en målbar metode som baseres på store mengder tall. Metoden er nøyaktig og prosjektet er fastsatt før datainnsamlingen kommer i gang (Dalland, 2012).

3.2 Utvalg

3.2.1 Rekruttering

Forsøkspersoner ble rekruttert blant studenter ved Høgskulen På Vestlandet. Studentene ble kontaktet gjennom sosiale medier, gjennom forelesere eller ved besøk under forelesning med informasjonsskriv gjort i samråd med foreleser. Av alle som ble kontaktet og informert var det 41 personer som meldte sin interesse. 37 oppfylte inklusjonskriteriene som ble satt med den hensikt å ha en god gjennomføringsprosent med tanke på studenters varierte hverdag, og for å forsikre oss om at forsøkspersonene ikke var utrente (tabell 3.1). Deretter mottok de på nytt informasjonsskriv med samtykkeskjema (vedlegg 1). som måtte underskrives før oppstart av tilvenningstest. 27 personer fullførte tilvenning, pre-test og startet opp med

treningsintervensjon. 22 Personer fullførte intervensjon og post-test. Deltagelse, frafall, inklusjon, eksklusjon og randomiseringsprosessen er vist ved flytskjema (figur 3.1)



Figur 3.1 Flytskjema over prosjektperioden. Rekrutteringsprosess, treningsperiode, pre- og post-test og frafall. TG1 trente en økt i uken og TG2 trente fire økter i uken.

Tabell 3.1 *Inklusjons og eksklusjonskriterier*

Inklusjonskriterier	Eksklusjonskriterier
Kvinner og menn > 18	Skade/sykdom
Fysisk aktive	Planlagt ferie/praksis/fravær fra trening
Knebøy 80% av KV	Utrent
	Systematisk trening for styrkeidrett

3.2.2 Ethiske aspekt

Denne studien samlet personopplysninger om forsøkspersonene. Før prosjektstart ble det søkt om godkjenning om å gjennomføre studiet til Norsk Samfunnsvitenskapelig Datatjeneste (NSD). NSD har vurdert denne studien og godkjent at prosjektet er i tråd med kravene til å ivareta personvernet til forsøkspersonene som deltok (vedlegg 2). All data har blitt behandlet i tråd med NSD sine retningslinjer. Dataene har blitt behandlet konfidensielt og kravene for behandlingen og håndteringen av materiellet har vært strenge (Drageset & Ellingsen, 2009).

Studien var ikke i strid med Høgskulen på Vestlandet sine etiske retningslinjer eller Helsinkideklarasjonen.

Alle forsøkspersoner ble tildelt et ID-nummer. Navnelistene som kunne brukes til å spore informasjonen tilbake til forsøkspersonen var det kun autorisert personell tilknyttet studien som hadde tilgang til. Før oppstart ble forsøkspersonene informert om dette i sammenheng med å signere samtykkeskjema (vedlegg 1). Selv om samtykkeskjemaet til å delta var signert ble det ettertrykkelig gitt beskjed om at man kunne trekke tilbake samtykket til deltagelse når som helst, uten å oppgi grunn. Dette går under § 16 i helseforskningsloven (2008).

3.2.3 Inndeling i grupper

Forsøkspersonene ble inndelt i to treningsgrupper når tilvenningstester og pre-testene var fullført. Den ene gruppen (TG1) trente en økt i uken (ca. 2 timer pr. økt) og den andre gruppen (TG2) trente fire dager i uken (ca. 30 min pr. økt). For å fordele forsøkspersonene i

disse gruppene ble det benyttet en stratifisert randomisering, der kjønn og resultatene fra 1RM testen i knebøy var grunnlaget for stratifiseringen. For selve stratifiseringen ble det benyttet en online randomiseringsgenerator (Randomized.org). Der ble alle deltagerne tilfeldig plassert i grupper. Dette ble gjort i 3 omganger. En gang for hvert kjønn og deretter for de 4 sterkeste på pre-test. For å ikke få overrepresentasjon av et kjønn eller av de sterkeste i en av gruppene. Stratifisert randomisering ble benyttet for å styrke studien ved å gjøre gruppene likest mulig og på den måten forhindre type 1 feil (Kernan, Viscoli, Makuch, Brass, & Horwitz, 1999). Oversikten over gruppene etter pretest er vist i tabell 3.2.

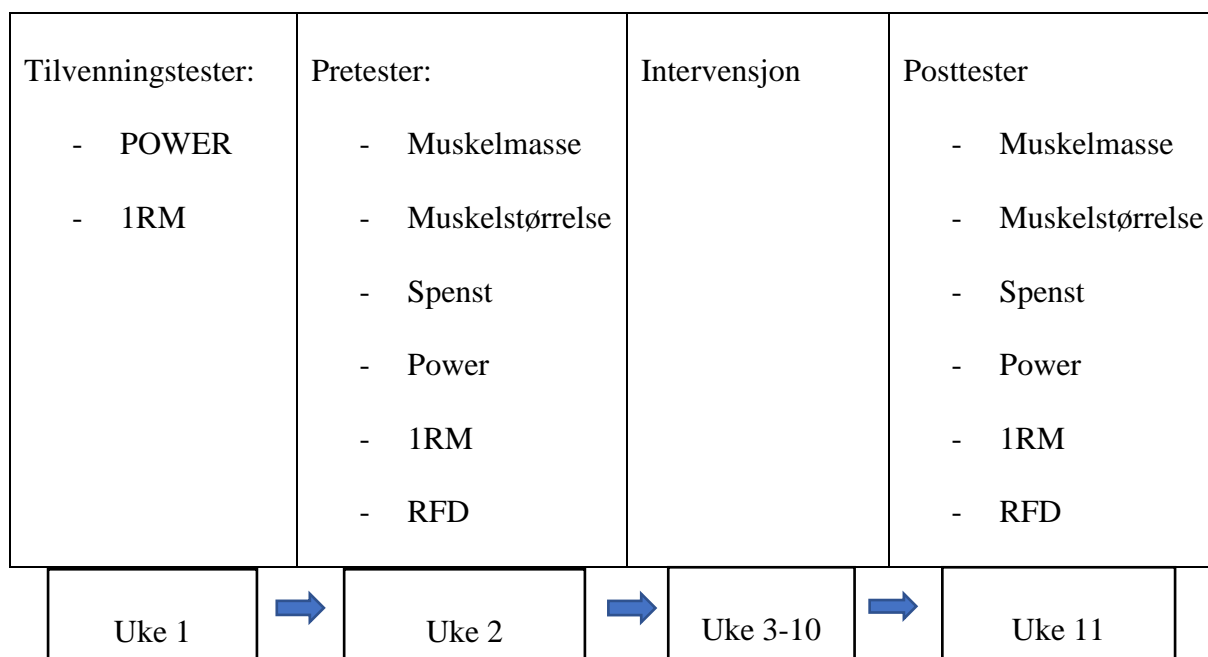
Tabell 3.2 Fordelingen i gruppene etter pretest.

	TG1 (N=14)	TG2 (N=13)
Alder	21,6 ±1,8	21,55 ±1,1
Høyde (cm)	171,3 ±7,9	171,5 ±13,3
Vekt (kg)	72,1 ±9,9	72,3 ±12,4
1RM Knebøy (kg)	85,0 ±23,2	86,8 ±32,0

3.3 Testprotokoll

Før og etter intervensjonen ble det testet muskelmasse, muskelstørrelse, spenst, power i konsentrisk fase av knebøy, 1RM i knebøy, RFD til makskraft, RFD til 200ms og MVC på kraftplattform i knebøyposisjon. Uken før pretestene ble det gjennomført en tilvenningstest på power og 1RM i knebøy (se figur 3.2)

Testene ble gjennomført over to dager, med 24 timers mellomrom. På dag en ble muskelmasse, muskelstørrelse og spenst målt. Den samme dagen ble også antropometriske data samlet inn (vedlegg 3). Dag to ble power, 1RM og RFD/MVC testet i denne rekkefølgen. Testleder noterte resultater fortløpende på Power og 1RM, mens RFD og MVC ble hentet ut i etterkant. I forkant av testene ble forsøkspersonene ilagt alkoholforbud de siste 48 timene før testtidspunkt. De samme maskinene, testledere og testprosedyrer ble benyttet på posttest.



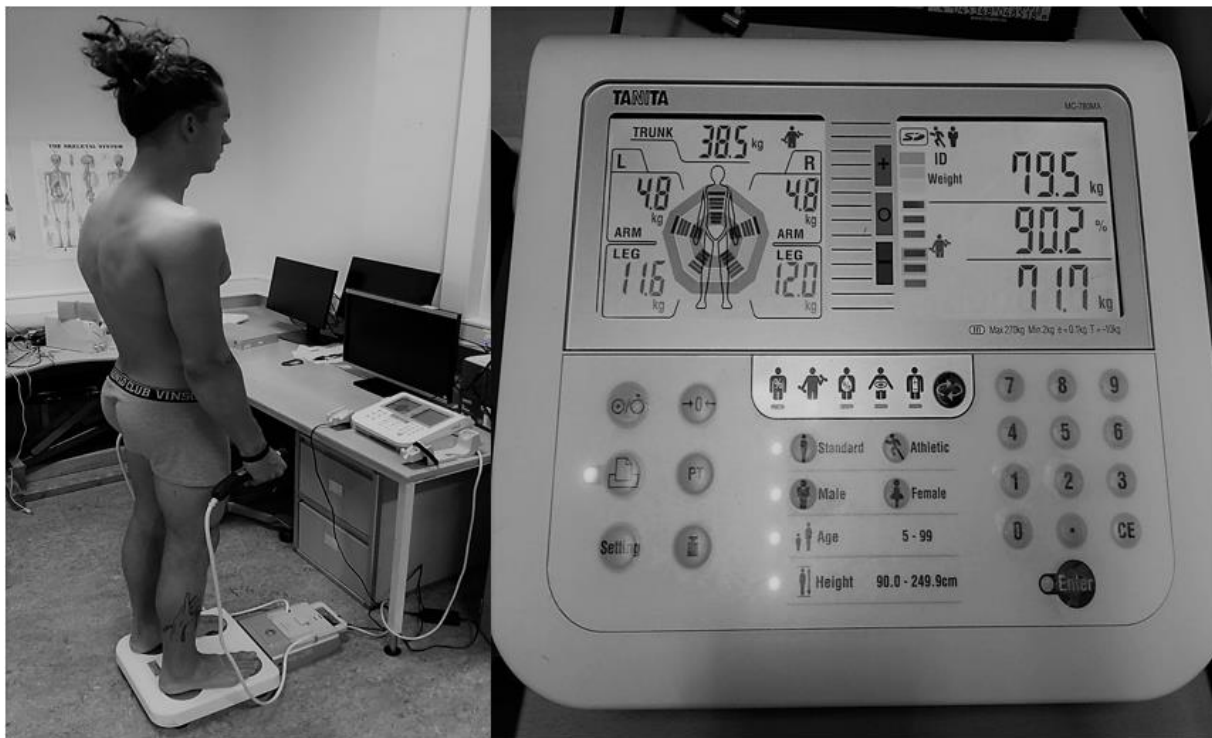
Figur 3.2 Oversikt over tilvenning, tester og intervensjon.

Testskjema, se Vedlegg 3.

3.3.1 Muskelmasse

Muskelmassen ble målt ved hjelp av en bioelektrisk impedansvekt av typen Tanita MC-780 (Corporation 14-2, 1-Chome, Maeno-Cho Itabashi-Ku, Tokyo, 174-8630, Japan). En bioelektrisk impedansvekt analyserer kroppsmassen ved at små elektriske signaler passere gjennom kroppen via en fotplate og håndholdte elektroder. Alle forsøkspersonene ble informert om at de ikke skulle innta mat og drikke, eller dusje de siste 12 timene før testen. Forsøkspersonene ble også oppfordret til å gå på do før test. Denne standardiseringen ble gjort i samråd med hva som står i brukermanualen, og dette har tidligere blitt vist å være en reliabel metode for å gjennomføre målinger av muskelmassen (Verney et al., 2016). Alle forsøkspersoner ble instruert til å møte opp i samme shorts og samme t-skjorte på både pre-test og post-test. Testleder skrev inn alder, kjønn og høyde, samt registrerte alle forsøkspersonene som «standard» i forhold til hvilken form deltagerne var i på kontrollpanelet for Tanita vekten (Figur 3.3). Forsøkspersonene ble instruert til å stille seg med helene på de sirkulære fotelektrodenes og fremre del av føttene på de to ovale elektrodene foran. Forsøkspersonene ble gitt en elektrode i hver hånd som de fikk beskjed om å holde ned langs siden og stå avslappet i en naturlig posisjon til de fikk beskjed om å sette de på plass etter at testen var gjennomført av testleder (Verney et al., 2016; Verney, Schwartz, Amiche, Pereira,

& Thivel, 2015). Resultatene kom fortløpende på kontrollpanelet til Tanita vekten (Figur 3.3). Vekten måler total muskelmasse, fettmasse, vannvekt og andre (herunder beinmasse og lignende). I tillegg til dette skiller vekten mellom kroppsdeler som under- og overekstremiteter, samt armer og bein. Vekten viste muskelmassen både i prosent og i kilogram, her ble den totale muskelmassen registrert, men videre ble høyre og venstre fot lagt sammen i kilogram, og det samlede resultatet ble benyttet videre i analysen.



Figur 3.3 Gjennomføring og kontrollpanel på Tanita vekten.

3.3.2 Muskeltykkelse

Ved hjelp av ultralydmåling ble muskeltykkelsen til m. Vastus Lateralis målt.

Ultralydapparatet (Echo Blaster 64/128, LogiScan 64/128 and ClasUs Series Ultrasound Systems, Teleded, Latvia) ble brukt og koblet til en datamaskin med tilhørende programvare (Echo Wave 2 Software). Forsøkspersonene ble bedt om å møte opp i shorts på test dagene. Forsøkspersonene satt på en massasjebenk i en avslappet stilling med bena avslappet foran seg med en pute under kneleddet (Figur 3.4). Ultralydbildet ble tatt på 50% av distansen mellom den laterale epicondyle og trochanter major på femur (Figur 3.4) (Miyatani, Kanehisa, Ito, Kawakami, & Fukunaga, 2004). Området ble markert slik at alle de fem ulike bildene ble tatt på likt hver gang. Ultralyd gel ble påført proben og proben ble holdt vannrett på det markerte området for å ta bilde av m. Vastus Lateralis. For å oppnå et optimalt bilde av

muskeltykkelsen ble proben vendt proksimalt og vridd til bildet var tydelig. Når et klart bilde var oppnådd ble muskeltykkelsen målt. Ved å trekke en rett linje i grensesnittet for muskelvevet, fra subkant fett til grensesnittet for muskelvevet toppkant m. Vastus Intermedius ble muskeltykkelsen på m. Vastus Lateralis målt midt i bildet. (Abe, DeHoyos, Pollock, & Garzarella, 2000; Simão et al., 2010). Under testen ble det tatt fem målinger der den høyeste og laveste verdien ble fjernet. Muskeltykkelsen som ble brukt i analysen var gjennomsnittet av de tre resterende verdiene.

Figur 3.4 Fra venstre øverst: sitteposisjon, markering. Fra venstre nederst: måling, ultralydbilde av m. vastus lateralis.



3.3.3 Spenst (SJ)

For å teste spenst gjennomførte forsøkspersonene Squat Jump (SJ) uten motbevegelse. I forkant av testen fikk forsøkspersonene 10 oppvarmingshopp med motbevegelse, deretter 10 testhopp med instruksjon av testleder for å forberede kroppen på den kommende aktiviteten og bli vant til teknikken. De eksperimentelle hoppene ble gjennomført på en kraftplattform (MuscleLab Force Plate Model 2, Ergotest Technology AS, Langesund, Norge).

Kraftplattformen beregner hopp høyden ut fra hvor mye kraft som utvikles mot bakken fra

bunnposisjon. (Kollias, Hatzitaki, Papaiakovou, & Giatsis, 2001). Hopp høyden oppgis i cm og er et uttrykk for tyngdepunktets forflytning vertikalt og vises i tilhørende analyseprogram muscle-lab V8.13 (Ergotest Technology AS, Langesund, Norge). Testutstyret ble kalibrert ved oppstart hver testdag. På signal fra testleder gikk forsøkspersonene ned i omtrentlig 90 grader i kneleddet, dette ble observert og gitt beskjed om det var for lavt eller høyt fra testpersonell som observerte fra siden. Når bunnposisjon var nådd stod forsøkspersonene helt i ro til kraftplattformen registrerte dette, deretter gjorde de et konsentrisk hopp med maksimal innsats på signal fra testleder. Armene var plassert på hoftene under hele utførelsen (Figur 3.5) for å eliminere motbevegelser og potensielle bidrag fra armsvingteknikk. Forsøkspersonene fikk i utgangspunktet tre forsøk med 1 minutt hvile mellom hvert hopp, men dersom siste hopp var det høyeste fikk de fortsette til hopp høyden gikk under forrige forsøk. Det beste resultatet ble brukt i analysen (Kotzamanidis, Chatzopoulos, Michailidis, Papaiakovou, & Patikas, 2005).

Figur 3.5 SJ startfase, svev og landing.



3.3.4 Power

Powertesten ble gjennomført med eksplosiv konsentrisk fase av knebøy i en Smith-maskin (Pivot 680L, Pivot Fitness, Tianjin, China).

I forkant av Powertesten ble alle forsøkspersonene bedt om å ta 10 spenst hopp av fritt valg og fem med markert stopp i bunn på samme måte som de hadde gjennomført spensttesten.

Målingene av fotplassering og høyde på setemuskulatur fra bakken ble målt og skrevet ned i tilvenningstesten og brukt til både pretester og posttester. Deretter ble alle forsøkspersoner gitt ett til tre tilvenningsløft med stang (20kg) for å kjenne på dybde, plassering og teknikk. Stangen ble justert til skulderhøyde, dybden ble markert med en horisontal gummistrikk og fotplasseringen var markert med en fotplate med rutenett. Testingen ble gjort via single, eksplosive repetisjoner av knebøy, der power ble målt i konsentrisk fase på en progressiv belastning (40, 60, 80, 100 og 120 % av kroppsvekt). Forsøkspersonene ble instruert verbalt om at hvert løft skulle gjennomføres med maksimal innsats og hastighet (Cotterman, Darby, & Skelly, 2005). Start, bunn- og topposisjon (Figur 3.6) ble også verbalt instruert når de var på, da bunnposisjon i parallell (horisontal lårposisjon) var noe uvant for flere av forsøkspersonene. Kraft-hastighetskurven ble visuelt inspisert fortløpende og om det kom tydelig frem fra kurven til forsøkspersonene at de ikke hadde oppnådd maksimal kraft-hastighet fikk de mulighet til å ta dette løftet om igjen. Det ble gjennomført minimum tre løft på henholdsvis 40, 60 og 80% av kroppsvekt for hver forsøksperson. Dersom alle disse tre løftene hadde en akseptabel hastighet på over 0,33 cm i sekundet, som har vist seg å være sammenfallende med 1RM løft (Conceição, Fernandes, Lewis, González-Badillo, & Jimenez-Reyes, 2015). Deretter ble det økt videre til henholdsvis 100 og 120% av kroppsvekt. Det ble gitt en pause på minimum ett minutt og maksimum to minutt mellom hvert løft. Hastigheten for hvert løft ble registrert med en lineær enkoder (Ergotest Innovation A/S, Porsgrunn, Norge). Enkoderen var videre koblet i en PC med tilhørende programvare for analyse, Muscle-lab V8.13 (Ergotest Technology AS, Langesund, Norge) som kalkulerte Power (watt) i løftet baser på motstanden (Newton) og hastigheten (m/s).

$$\text{Power} = (\text{Kraft, Distanse}) / \text{Tid}$$

Basert på kraftkurven fra Powertesten gikk vi direkte videre til testing av 1RM.

Figur 3.6 Startposisjon, bunn- og topposisjon.



3.3.5 1RM knebøy

For å teste muskelstyrken ble det benyttet en 1RM test i knebøy, testen ble gjennomført i en Smith-maskin (Pivot 680L, Pivot Fitness, Tianjin, China). 1RM er ansett som en valid og reliabel test for muskelstyrke, samt at det er en billig, enkel og trygg test så fremt den er utført under kontrollerte forhold (Levinger et al., 2009). For å minimere læringseffekt ble det gjennomført en tilvenningstest for å eliminere feilkilden (Farinatti et al., 2013). På tilvenningstesten fant forsøkspersonene sin foretrukne fotstilling med korrigeringer fra testleder for teknikk, samt at høyden på parallell bunnposisjon ble registrert og benyttet ved pre- og posttest, dette var de samme målingene som ble brukt i Powertesten på tilvenning, pre- og posttest. Intraclass Correlation Coefficient (ICC) mellom tilvenning- og pretesten ble beregnet til 0,94.

Det ble ikke gjennomført noen ekstra oppvarming før 1RM testen da den ble gjennomført direkte etter Power testen. Det ble gitt minimum tre minutt hvile mellom Power test og oppstart av 1RM test. Motstanden ble valgt ut fra hastigheten som ble målt under løftene (det siste løftet i Powertest) og videre for hvert forsøk på 1RM ble motstanden valgt på grunnlag av fart på stangen og teknisk utførelse. Avgjørelsen ble tatt av testleder i samråd med forsøksperson. Testleder tok utgangspunkt i propulsive velocity/fremdriftshastighet ($m \times s^{-1}$) (PV) når økningen skulle gjøres, samtidig som teknisk utførelse ble observert. Ved en PV på over 0,5 ble det gjort økning på 10kg, ved PV mellom 0,5 og 0,33 ble det gjort 5kg økning, og ved en PV på under 0,33 ble det gjort økning på 2,5kg om teknisk utførelse tilsa dette var forsvarlig

(tabell 3.3). Dette ble utført da det har visst seg at rundt 0,33 PV er kritisk hastighet for testing av 1RM i knebøy (Conceição et al., 2015).

Tabell 3.3 Økning i Kg basert på fremdriftshastighet.

Propulsive velocity (PV)	Økning i kilogram
< 0,5	10kg
0,5 – 0,33	5kg
>0,33	2,5kg

Siste godkjente forsøk ble gjeldene 1RM, når testleder og forsøksperson var enige om at dette var den faktiske 1RM. Det var ingen krav til tempo på løftet, men forsøkspersonene måtte være i godkjent bunn posisjon samt teknikk måtte opprettholdes og bedømmes som trygg for å legge på mer vekter. Antall forsøk for å nå 1 RM varierte fra en til fem. Pausetiden mellom hvert forsøk var på minimum tre minutter (Kotzamanidis et al., 2005; Rønnestad et al., 2012). Det ble gitt oppmuntrende tilrop til alle forsøkspersoner under løftene.

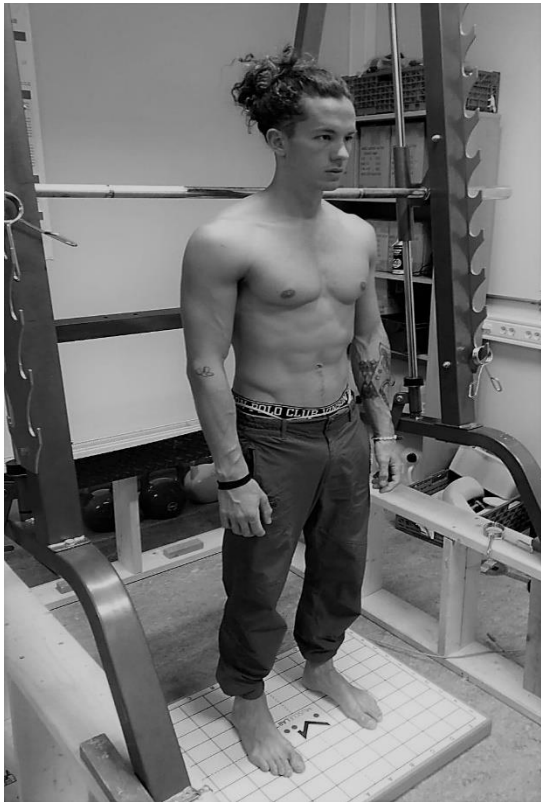
3.3.6 MVC (RFD)

For å teste MVC ble det benyttet en test av maksimal isometrisk muskelstyrke [maximal voluntary contraction (MVC)]. Rate of Force Development (RFD) ble også hentet ut fra MVC testen. Det ble ikke gjort noen spesifikk oppvarming til denne testen, det ble heller ikke gjort tilvenningstest for MVC. Det ble gitt 5 minutt hvile etter 1RM testen før forsøkspersonene testet MVC og RFD. Testen ble utført i en Smith-maskin (Pivot 680L, Pivot Fitness, Tianjin, China), på en kraftplattform (MuscleLab Force Plate Model 2, Ergotest Technology AS, Langesund, Norge) for å avgjøre hvor mye kraft forsøkspersonene kunne utvikle mot bakken.

Stangen på Smith-Maskinen ble senket ned og låst fast i en posisjon som tilsvarte at forsøkspersonene stod under med 90 grader i kneleddet (målt med gradeskive).

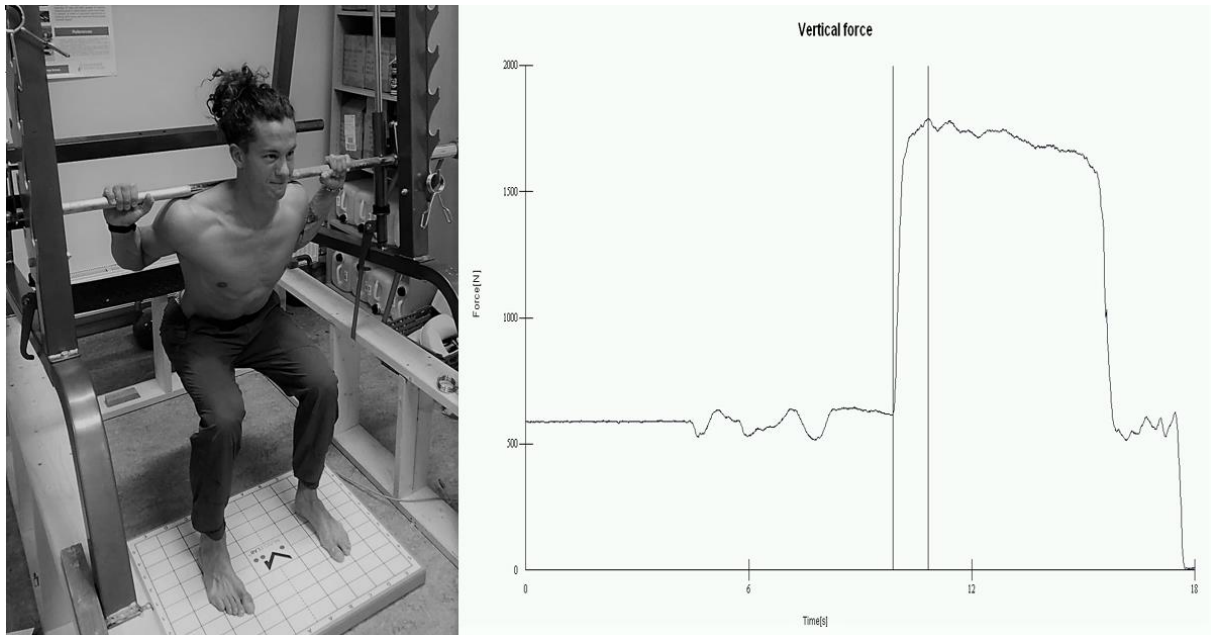
Posisjonene på stangen ble notert og brukt ved både pre- og post testing. Deretter ble forsøkspersonene instruert til å stå helt i ro på kraftplattformen (se figur 3.7)

Figur 3.7 Forsøksperson nullstiller kraftplattform før MVC ved å stå helt stille.



Verbal instruksjon om å stille seg under stangen ble gitt når kraftplattformen registrerte at forsøkspersonen stod helt stille. Deretter ble det gitt en nedtelling på tre sekund før man skulle presse så eksplosivt man klarte og etter beste evne opprettholde maksimal kraft fem sekunder (se figur 3.8) Det ble gitt tre forsøk på denne testen, med minimum tre minutter hvile mellom hvert forsøk. Den beste kraftkurven ble brukt videre i resultatene.

FIGUR 3.8 Gjennomføring av RFD/MVC test og kraftkurve med RFD til peak force avmerket.



Alle de tre testforsøkene for å hente ut RFD og MVC ble gjennomført på pre- og posttest. Kurvene ble visuelt kontrollert for å avgjøre hvilken av kurvene som var best egnet for analysering.

Gjennomsnittlig kraft ble målt over to sekunder på topp av kraftkurven fra de fem sekundene forsøkspersonene ble bedt om å yte maksimalt. Denne verdien var et gjennomsnitt av verdiene på kraftkurven, dette ble også funnet gjennom visuell gjennomgang med tilhørende programvare Muscle-Lab V8.13 (Ergotest Technology AS, Langesund, Norge)

RFD til Peak Force ble funnet ved å måle fra start av muskelkontraksjon til maksimal kraft.

I tillegg ble det gjort måling på tidsintervallen 0-200 ms relatert til starten på muskelkontraksjon (RFD til 200ms) (Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson, & Dyhre-Poulsen, 2002).

3.4 Intervensjon

Intervensjonen bestod av to ulike treningsgrupper TG1 og TG2. Begge gruppene gjennomførte et likt ukentlig treningsvolum i form av antall sett og repetisjoner, men med ulik treningsfrekvens i forhold til antallet dager trent i uken.

TG1 trente en økt per uke, der økten tok ca. 120min. På hver økt var øvelsene knebøy, markløft, split-bøy og bulgarsk utfall (se figur 3.9 og tabell 3.4). Før hver økt ble alle forsøkspersonene instruert om å gjennomføre en generell oppvarming på fem minutter på ergometersykkel (Arazi & Asadi, 2011). Det ble også gjennomført et oppvarmingssett på hver øvelse på 50% av forventet treningsvekt, basert på forrige ukes treningsbelastning. Da det er vist at belastning på under 60% ikke er nok til å øke styrke i normalt friske unge individer (Rhea et al., 2003; Sharp, 1991). Det var minimum 5 dager mellom hver økt.

TG2 trente fire kortere treningsøkter per uke, der økten tok ca. 30min. Der de gjennomførte en øvelse hver dag, knebøy, markløft, split-bøy og bulgarsk utfall i den rekkefølgen (se tabell 3.4). Før hver økt ble alle forsøkspersoner instruert om å gjennomføre en generell oppvarming på 5 minutter på ergometersykkel (Arazi & Asadi, 2011). Det ble også gjennomført et oppvarmingssett på hver øvelse i likhet med TG1. Det var maksimum 2 treningsdager på rad med minimum 1 dag hvile mellom og maksimalt 2 dager hvile mellom treningsøktene.



Figur 3.9 Oversikt over øvelsesutvalg. Topp og bunnposisjon.

Tabell 3.4 Oversikt over de ukentlige treningsøktene til TG1 og TG2.

Testgruppe 1	Testgruppe 2 Dag 1.	Testgruppe 2 Dag 2.	Testgruppe 2 Dag 3.	Testgruppe 2 Dag 4
Knebøy	Knebøy	Markløft	Split-Bøy	Bulgarsk Utfall
Markløft				
Split-Bøy				
Bulgarsk Utfall				

Treningsintervensjonen varte i åtte uker hvor det ble lagt opp til en lineær progresjon med autoregulering i form av rated perceived exertion (RPE) for å best mulig kunne øke treningsbelastningen hensiktsmessig fra uke til uke og forsikre treningsveileder om at det var faktisk RM som var nådd. De første fire ukene av intervensjonen ble det gjennomført i totalt fire sett per øvelse og de siste fire ukene ble det utført fem sett per øvelse. Repetisjonene gikk gradvis ned fra 12RM til 6 RM (se tabell 3.5) (Abe et al., 2000; Benton, Kasper, Raab, Waggener, & Swan, 2011; Mann, Thyfault, Ivey, & Sayers, 2010; Schoenfeld, 2010). Pausetiden mellom settene var på minimum ett minutt og maksimum tre minutter, avhengig av hvor godt forsøkspersonene restituerte, dette ble nøye overvåket av treningsveileder (Buresh, Berg, & French, 2009; Esco, 2013; Schoenfeld, 2010; Schoenfeld et al., 2017). I all hovedsak trente alle forsøkspersonene i grupper på 2-3 hvor en arbeidet og den/de andre hadde pause. Planlagte økter i TG1 var 88 hvor alle ble gjennomført. Planlagte økter i TG2 var 352 hvor 351 ble gjennomført. Hver treningsøkt ble loggført av instruktør for å kontrollere progresjon på treningen (vedlegg 4). Av de gjennomførte treningsøktene var instruktør til stede i 94% av treningsøktene. Når instruktør ikke var til stede måtte forsøkspersonene rapportere antall Kg som kunne brukes av instruktør til å velge vekt for neste treningsøkt.

Tabell 3.5 Periodisering for treningsintervensjonen

4x12 RM	4x10RM	5x8RM	5x6RM
Uke 1-2	Uke 3-4	Uke 5-6	Uke 7-8

Ved oppstart av treningsintervensjon kontrollerte og instruerte instruktøren løfteteknikk i de ulike øvelsene. Videre utover intervensjonsperioden var instruktør tilstede for å forsikre seg om god og trygg løfteteknikk, samt å forsikre seg om at treningsmotstanden var tilstrekkelig. Dersom forsøkspersonen klarte alle repetisjonene med akseptabel teknikk spurte instruktøren om å gradere løftet på en skala på 1-10 (RPE)(Day, McGuigan, Brice, & Foster, 2004). Det var i hovedsak 24 timer mellom hver treningsøkt på TG2 og minimum 5 dager på TG1. Forsøkspersonene ble oppfordret om å opprettholde normale aktivitet- og kostholdsrutiner gjennom intervensjonsperioden. Det var ikke tillat å trene styrketrening på underekstremitetene utenom det som ble satt opp i treningsprogrammet. Overkropp kunne de fortsette å trene som normalt.

3.5 Statistikk

Shapiro-Wilk test ble benyttet for å se om alle variabler var normalfordelte ved start av intervensjon. De variablene som ikke var normalfordelte ved baseline ble transformert i SPSS ved bruk av Log Transformation (Lg10) så de var normalfordelte ved baseline og parametriske tester kunne anvendes.

En uavhengig t-test ble benyttet for å sjekke om gruppene var like ved baseline. Deretter ble det brukt en parret t-test for å undersøke om gruppene hadde forandring fra pre- til post-test. Dersom det var endring fra pre- til post ble det benyttet en uavhengig t-test for å avgjøre om forandringene var forskjellige mellom gruppene.

Signifikansnivået ble satt til $p < 0,05$. Alle verdier i resultatene er oppgitt i gjennomsnitt \pm standardavvik hvis ikke annet er oppgitt. For å avgjøre betydningen av de signifikante forskjellene ble Cohen's effektstørrelse (ES) benyttet. Liten ES ble satt til 0,2 eller mindre, moderat ES ble satt til 0,5 og stor ES ble satt til 0,8 eller mer (Thomas, Silverman, & Nelson, 2011).

4.0 Resultat

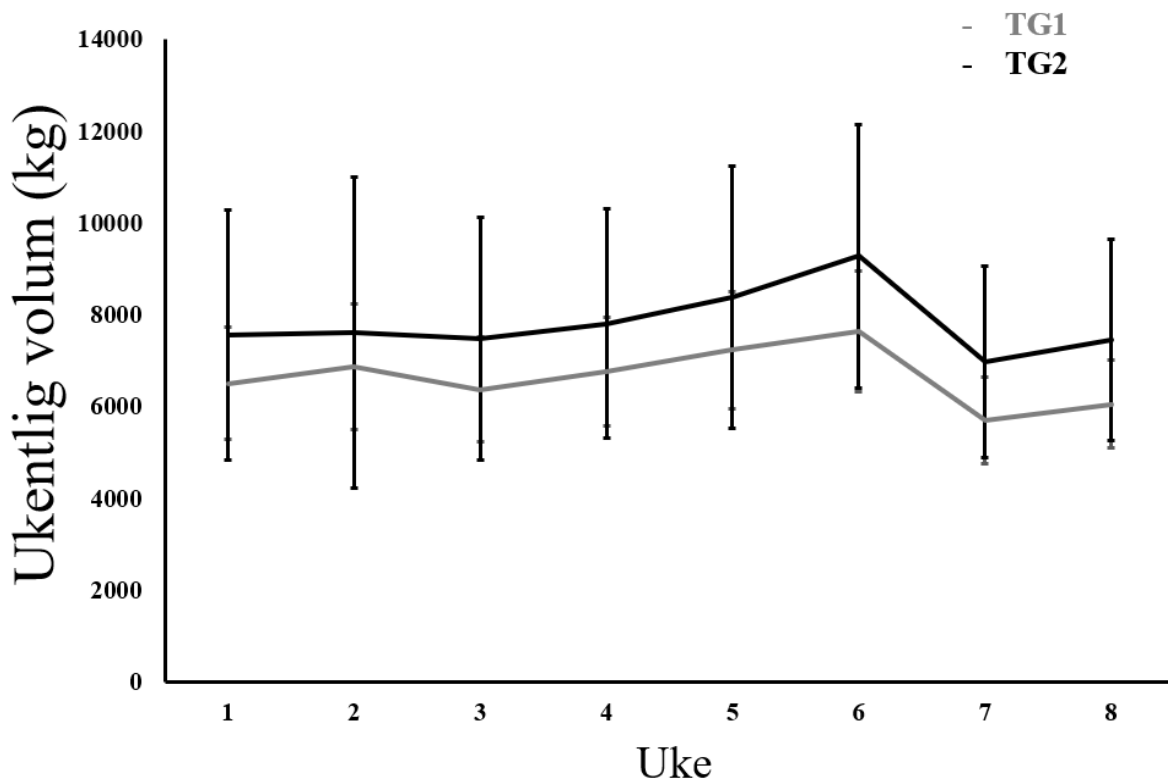
Alle variabler var normalfordelte ved start bortsett fra muskelmasse i underekstremitetene, RFD fra start av kontraksjon, RFD til 200 millisekund og vertikal kraft ($P=0,012-0,048$).

Etter logg transformering var alle variabler normalfordelte.

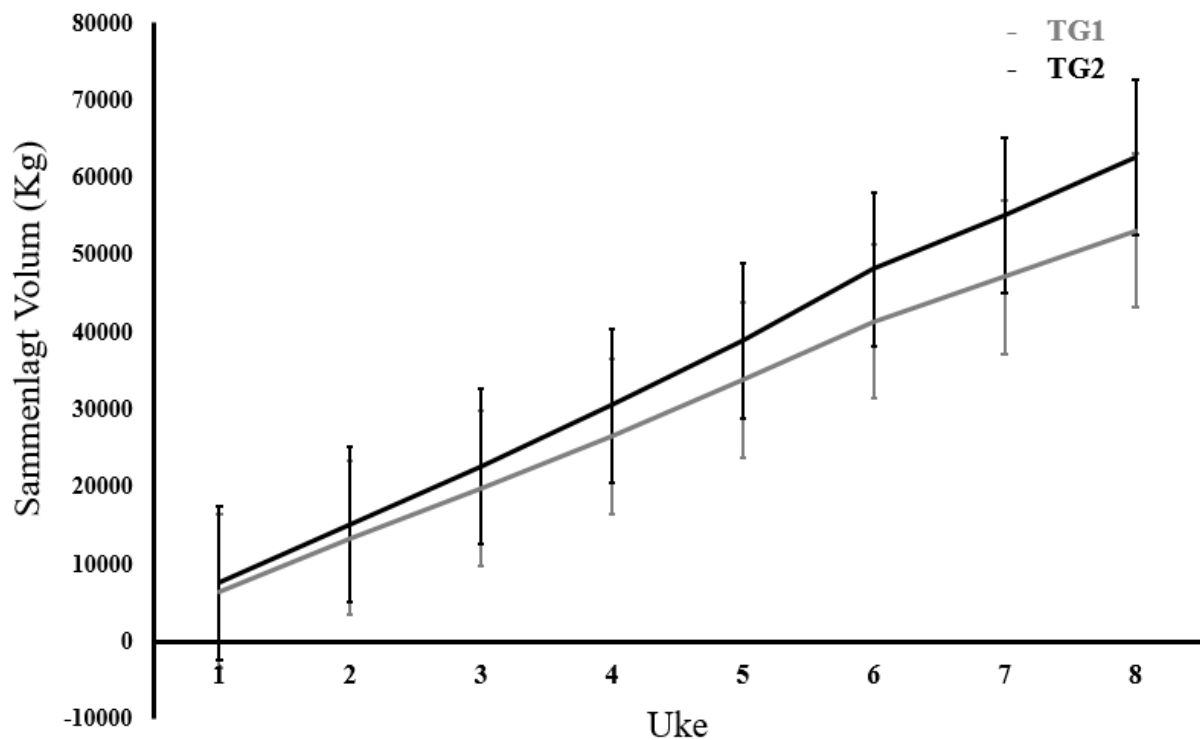
Deretter viste en uavhengig t-test ingen forskjeller mellom gruppene ved pre-test ($P>0,192$).

4.1 Treningsvolum

Det gjennomsnittlige treningsvolumet for hver uke er vist i figur 4.1. TG1 sitt totale treningsvolum i løpet av intervensjonen var på $53,2\pm 9,2$ tonn, og TG2 hadde et totalt volum på $62,6\pm 20,4$ tonn. Treningsvolumet ble undersøkt med en uavhengig t-test som viste at det var ingen forskjell på gruppene sitt treningsvolum per uke ($P=0,067-0,513$), eller akkumulert ($P=0,090-0,181$; Figur 4.2).



Figur 4.1. Ukentlig treningsvolum på TG1 og TG2.

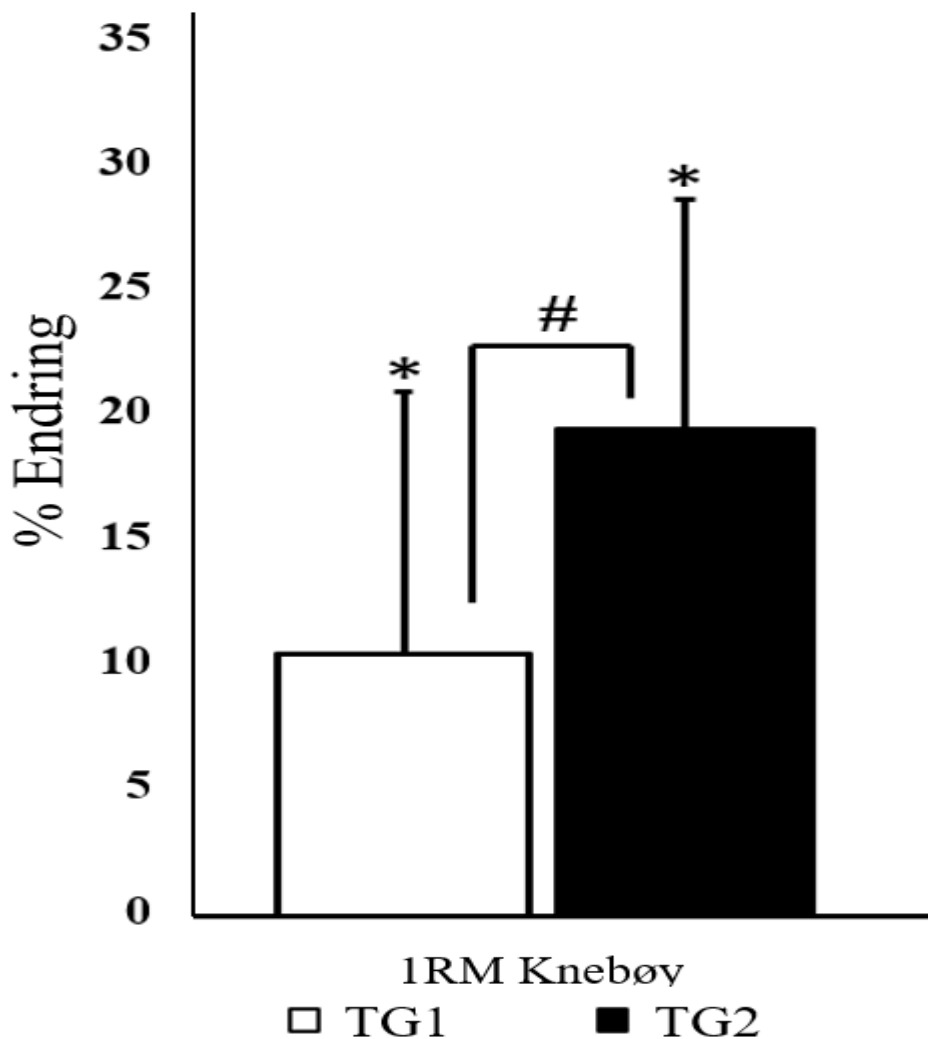


Figur 4.2. Akkumulert treningsvolum for TG1 og TG2.

4.2 Maksimal muskelstyrke

4.2.1 1RM

En uavhengig t-test viste at TG2 hadde en signifikant større økning enn TG1 i 1RM knebøy ($P=0,042$, Figur 4.3). Både TG1 og TG2 hadde en økning i 1RM knebøy fra 85,0 til 93,4 kg ($10,52 \pm 10,25\%$, $ES=0,37$, $P=0,005$), og fra 86,8 til 102,2 kg ($19,54 \pm 9,19$, $ES=0,49$, $P<0,001$).



Figur 4.3. %-vis endring i 1RM knebøy

4.2.2 MVC

En parret t-test vist at ingen av verken TG1 eller TG2 oppnådde en endring i vertikal kraft (MVC), henholdsvis ($P=0,359$, og $P=0,427$).

4.3 Eksplosiv muskelstyrke

4.3.1 Maksimal Power Output

Det ble observert en signifikant økning for maksimal power output i TG2 på $18,3 \pm 13,1\%$ ($ES=0,35$, $P<0,001$), mens TG1 tenderte mot en endring i maksimal power output $7,0 \pm 11,2\%$

(ES=0,16, P=0,077). Deretter viste en uavhengig t-test på endringene at TG2 hadde en signifikant større økning i maksimal power output (P=0,043).

4.3.2 RFD til Peak Force

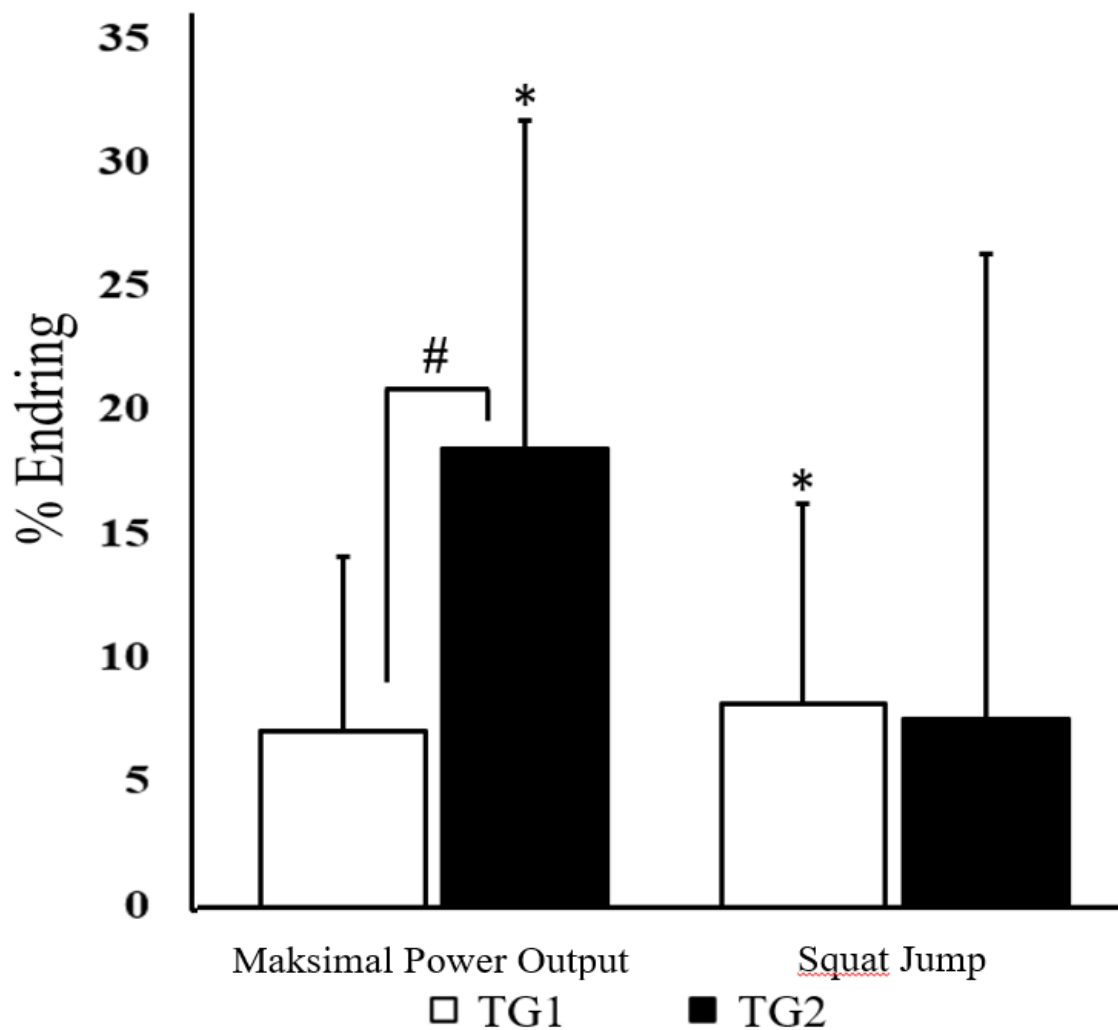
Ingen endring i RFD ble observert i TG1 (P=0,956), mens TG2 tenderte mot en nedgang i RFD på $10,6 \pm 20,5$ (P=0,056). Endringen i TG2 var likevel ikke forskjellig fra endringen i TG1 (P=0,239).

4.3.3 RFD til 200ms (RFD₂₀₀)

En parret t-test viste at ingen av gruppene oppnådde en endring i RFD₂₀₀, henholdsvis TG1 (P=0,391) og TG2 (P=0,242).

4.3.4 Squat Jump

Det ble observert en signifikant forbedring i SJ hos TG1, $9,1 \pm 11,0\%$ (ES=0,33, P=0,016). TG2 endret ikke sin hopp høyde (ES=0,15, P=0,393), se figur 4.4



Figur 4.4. %-vis endring i Maksimal Power Output og SJ.

4.4 Hypertrofi

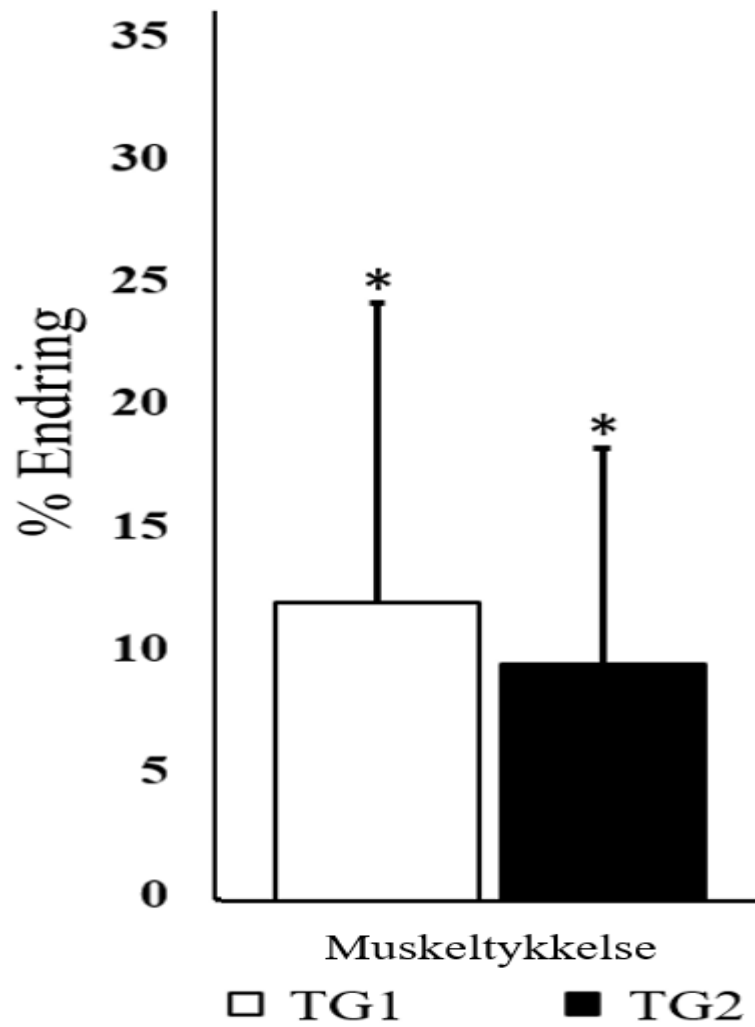
4.4.1 Muskelmasse Bein (Kg)

En parret t-test viste at verken TG1 eller TG 2 oppnådde en økning i muskelmasse i underekstremitetene ($P=0,279$ og $P=0,858$).

4.4.2 Muskeltykkelse

Både TG1 og TG2 oppnådde en økning i muskeltykkelse av m. Vastus Lateralis på $12,1 \pm 10,8\%$ ($ES=0,98$, $P=0,003$), og $9,6 \pm 8,7\%$ ($ES=0,57$, $P=0,004$). En uavhengig t-test ble

gjennomført og viste at økningen i muskeltykkelse ikke var forskjellig mellom de to gruppene (P=0,558), se figur 4.5.



Figur 4.5. %-vis endring i muskeltykkelse

5. Diskusjon

5.1 Hovedfunn

Hensikten med denne studien var å sammenligne treningsfrekvenser på en og fire økter i uken, utlignet for volum i form av sett og repetisjoner på muskelstyrke, muskelvekst og spenst. Intensitet var lik og som et resultat av dette varierte den ytre motstanden noe, men volumet var ikke statistisk forskjellig fra gruppe til gruppe. Funnene i studien viste en signifikant forandring på 1RM knebøy og Maksimal Power Output mellom gruppene i favør TG2. SJ testen viste at TG1 hadde en signifikant større økning enn TG2. Begge grupper hadde en økning i muskeltykkelse av Vastus Lateralis, men ikke signifikant forskjellig. Det var ingen endring i muskelmasse, MVC, RFD til peak force eller RFD til 200ms.

5.2 Styrke

Utviklingen i muskelstyrke stemmer delvis overens med hypotesen da det ble funnet signifikante endringer på deler av testparameterne. Dette indikerer at frekvens kan påvirke resultatene på styrke, i hvert fall til en grad. Dette kan også skyldes at selv om volumet i form av sett og repetisjoner var likt, så var motstanden varierende fra person til person og har resultert i et høyere totalt treningsvolum i TG2, dog ikke statistisk signifikant høyere. Selve treningsvolumet er vanskelig å holde likere enn det det har vært i denne intervensjonen da motstanden å nødvendigvis være forskjellig for alle selv om intensiteten basert på RM er lik. Alt dette vil være faktorer som er avgjørende også for forskjellene mellom gruppene.

Tidligere har det vært funnet forskjeller i studier som har sett på frekvens, men volumet har ofte vært forskjellig i studier der dette har vært påvist. Når volumet er utlignet har det tidligere ikke vært gjort særlige funn i favør av at frekvens alene har en påvirkning direkte på styrkeresultat (Arazi & Asadi, 2011; Carneiro et al., 2015; Grgic et al., 2018; Schoenfeld et al., 2016; Schoenfeld et al., 2015). Disse studiene ser ofte på frekvenser med mindre spenn enn fra en til fire økter. Det kan tenkes at denne økningen i frekvens potensielt gjør det mulig for en økning i motstand og intensitet som en ren følge av dette uten å øke volumet i form av sett og repetisjoner. Det totale treningsvolumet vil da økes som en følge av dette og være essensielt for treningsutbyttet (Grgic et al., 2018; Kraemer & Ratamess, 2004; Raastad et al., 2010; Wernbom, Augustsson, & Thomeé, 2007).

McLester et al. (2000) er en av de som har funnet forskjeller i styrke med ulik frekvens og likt volum. Her hadde de like mange sett og repetisjoner i begge gruppene, men det har blitt lagt frem at studien ikke har tatt høyde for at oppvarmingen var ulik da det var tunge sett (3-10RM), der det er behov for god oppvarming og på denne måten kan volumet likevel være ulikt. I denne studien har det blitt tatt høyde for akkurat denne problemstillingen da begge grupper hadde ett oppvarmingssett per øvelse på 50% av treningsvekten basert på RM og lineærprogresjon. Da dette er vist at ikke er nok til å gi gevinst i form av styrke (Rhea et al., 2003; Sharp, 1991). Eneste forskjellen på treningsrutinene til de to gruppene er at TG2 hadde 15 min ekstra med rolig oppvarming på ergometersykkel. Dette var nødvendig for å varme opp forsøkspersonene (Arazi & Asadi, 2011; Fleck & Kraemer, 2014).

Begge gruppene økte betydelig i styrke på 1RM knebøy fra pre- til posttest. TG1 økte med 10,5% og TG2 økte med 19,5%. Denne økningen i TG2 er signifikant større enn økningen i TG1 ($P=0,042$). Da treningsvolumet ikke var signifikant forskjellig mellom de to gruppene så tyder dette på at frekvensen kan ha en påvirkning på styrkeresultatet (Grgic et al., 2018; Raastad, Kirketeig, & Wolf, 2012; Ralston et al., 2018; Schoenfeld et al., 2016). Det som er interessant her er at TG1 økte sin styrke på høyde med det man kan forvente for fysisk aktive. TG2 sin økning er på høyde med det man kan forvente fra utrente, selv om de ble klassifisert som fysisk aktive, moderat trente (Bird, Tarpenning, & Marino, 2005; Candow & Burke, 2007; Kraemer, Ratamess, et al., 2002; Ratamess et al., 2009). Siden det ikke var noen forskjeller mellom gruppene på muskelmasse og muskeltykkelse tyder dette på at adaptasjonene på tross av at dette var fysisk aktive personer oppstod hovedsakelig i neurale adaptasjoner. Funnene i Maksimal power output viste at TG økte med 7,0%, og TG2 hadde en signifikant økning på 18,4% ($P=0,043$). Neurale adaptasjoner er mulige medvirkende faktorer for høy power output (Kawamori & Haff, 2004). Det var ingen endring i RFD til peak force eller RFD til 200ms. Dette kan mulig være grunnet at treningen var mer lik de andre testene og har vært en form for motorisk læring i henhold til spesifisitetsprinsippet (Coyle et al., 1981; Haff, Ruben, Lider, Twine, & Cormie, 2015; Raastad et al., 2010). Trener du teknisk vanskelige styrkeøvelser, kan en stor økning i styrken i øvelsen du trener være relatert til bedret teknikk. I tilfeller der det hovedsakelig er løfteteknikken som er forbedret, og det bare er oppnådd små endringer i selve muskulaturen, vil det som oftest være en svært liten overføringsverdi til andre lignende bevegelser. Generelt sett er neurale tilpassinger som blant annet består av bedret teknisk utførelse mindre overførbare enn muskulære adaptasjoner som følge av en øvelse (Candow & Burke, 2007; Raastad et al., 2010; Sale & MacDougall, 1981).

5.3 Hypertrofi

Funnene i denne studien motstrider hypotesen om økning i muskelstørrelse parallelt med styrken i gruppen med høyere treningsfrekvens. Det kunne tenkes at den hypertrofiske responsen skulle være mer korrelert med utviklingen i styrke (Raastad et al., 2010).

I denne studien ble det funnet lite hypertrofiske responser. Begge grupper hadde en økning i muskeltykkelsen av m. Vastus Lateralis, henholdsvis 12,1% i TG1 og 9,6% i TG2, men det var ingen signifikante forskjeller mellom gruppene. Muskelmasse målt med bioelektrisk impedans (Tanita) ble det ikke registrert noen økning i noen av gruppene.

Det var ikke overraskende at begge grupper økte sin størrelse på m. Vastus Lateralis. Ultralyd for å måle muskeltykkelse har vist seg å være en god metode for dette formålet (Heymsfield, Gonzalez, Lu, Jia, & Zheng, 2015). I tillegg ble alle ultralydmålinger gjennomført av samme testperson. Det ble tatt fem bilder, der snittet av tre ble brukt til å bestemme størrelsen. Dette ble gjort for å øke reliabiliteten til målingene. Tanita målingene er mer problematiske med tanke på hvordan man skal lese målingene. Målingene på muskelmasse i beina er gjort i kg, da %-målingene fra testingen gir en oversikt over hele kroppen. Målingene gjort i kg deler også bare i underekstremiteter, armer og trunkus. Skillene her kan tenkes å være uklare fra individ til individ med tanke på målemetoden i en slik Tanita-test. Det kan tenkes at store muskelgrupper som gluteus muskulaturen kan bli utelatt som en del av underekstremitetene. Da dette er en muskelgruppe som er svært delaktig i øvelsene som ble gjort i dette studiet kan det tenkes at de målingene burde vært bedre. Ut fra dette kan det i ettertid tenkes at det hadde vært ønskelig å gjennomføre flere ultralydmålinger av gluteus-muskulaturen og/eller en større del av quadriceps muskulaturen. Da spesielt m. Vastus Intermedius kunne vært interessant og sett utviklingen på, da den har en høy korrelasjon med kraftutviklingen i quadriceps muskulaturen (Akima & Saito, 2013).

På den andre siden har det vært lite forskjeller som har blitt funnet tidligere på frekvens og muskelvekst (Schoenfeld et al., 2016). Det er forskjeller, men et fåtall av funnene har vist signifikant forskjeller når volumet har vært likt (Ribeiro, 2015; Schoenfeld et al., 2017; Schoenfeld et al., 2016). Det er mulig å tenke at volumet da kan ha mer og si for muskelvekst enn for den maksimale styrken. Da om styrken er mer avhengig av høy intensitet ofte for å vedlikeholde neurale tilpassinger, trenger muskulaturen tid for å gjøre muskulære tilpassinger, da i form av mer hvile og et høyere metabolsk stress i perioder, noe man mulig kan oppnå

bedre med en lavere frekvens enn fire (Raastad et al., 2012; Raastad et al., 2010; Rønnestad et al., 2012). Det som er verdt å merke seg ved at det ikke var noen forskjell på muskeltykkelse og ingen forandring i muskelmasse mellom gruppene med tanke på at muskelens tverrsnitt er kausalt i forhold til kraften den kan utvikle (Finer et al., 1994). Ut fra resultatene i 1RM kunne det forventes at fysisk aktive mennesker også skulle hatt lignende hypertrofiske tilpassinger i muskulaturen. Schoenfeld et al. (2015) fant en signifikant økning hos godt trente menn. Mine forsøkspersoner var definert som moderat trente og fysisk aktive. Det kan tenkes at de rett og slett ikke var godt nok trent på spesifisitet før dette prosjektet for å oppnå progresjon på muskulær hypertrofi. For å forhindre dette ble stilt krav om å kunne løfte minimum 80% av kroppsvekt, men om dette var nok til å utelukke utrente burde muligens undersøkes videre. Da det er vist at de hypertrofiske responsene gjør seg gjeldende først etter 6-7 uker (Kraemer & Ratamess, 2004; Phillips, 2000; Ratamess et al., 2009). Flere faktorer er også avgjørende for hypertrofisk respons, som muskelfibersammensetning, dynamiske bevegelser, muskelforkortelse, muskelforlengelse og mekanisk skade (Barnett et al., 1980; Cuthbertson et al., 2006; Gibala et al., 2000; Hather et al., 1991; McCall et al., 1996). Begge grupper trente dynamiske øvelser med muskelforlengelse, muskelforkortelse og hadde høyst sannsynlig mekanisk skade underveis som et resultat av treningen. Den mekaniske skaden sin effekt på hypertrofi vil avta etter hvert (Gibala et al., 2000). Potensielt var ikke treningsprogrammet godt nok lagt opp for denne faktoren for optimal hypertrofisk respons, men styrketreningen som ble utført skal være mer enn tilstrekkelig for utvikling i begge grupper både for muskelvekst og muskelstyrke (Kraemer & Ratamess, 2004; Kraemer et al., 2000; Ratamess et al., 2009). Dette kan også sees i sammenheng med tekniske ferdigheter som er omtalt i forrige delkapittel. Der vi kan se forskjellen på styrke og hypertrofisk utvikling mellom gruppene kan også være et resultat av at styrken som ble utviklet var på grunnlag av at dette var kompliserte øvelser som gikk over flere ledd og dermed er forskjellene basert på motorisk læring og neurale adaptasjoner (Candow & Burke, 2007; Raastad et al., 2010; Sale & MacDougall, 1981). Dermed siden TG2 trente bein oftere hadde de en høyere neural tilpassing enn TG1.

5.4 Spent

I likhet med den hypertrofiske utviklingen motstrider også resultatene på spent med hypotesene som ble utformet ved prosjektstart. Hypotesen om at begge grupper ville øke i

styrke og hypertrofi, men ingen signifikante forskjeller i spenst var basert på tanken om at selv om styrke og hopp høyde har vist seg å ha en korrelasjon (Kotzamanidis et al., 2005; Stone et al., 2003), sett i sammenheng med spesifisitetsprinsippet ble denne hypotesen utarbeidet selv om det ble forventet en forskjell i styrkeutviklingen (Kraemer & Ratamess, 2004; Raastad et al., 2010; Ratamess et al., 2009).

TG1 økte sin spenst med 9,1%, som er en signifikant økning ($P=0,016$), mens TG2 ikke hadde økning i sin spenst ($P=0,393$). Dette motstrider også sammenhengen mellom maksimal styrke og spenst som Kotzamanidis et al. (2005) viser til. Det er også vist at godt trente i studier på spenst og styrke ikke visste noen forskjeller på utviklingen i hopp høyde (Hartman, Clark, Bemben, Kilgore, & Bemben, 2007). Det er også forventet at utrente ville hatt en høyere prosentvis økning i forhold til styrken og dens overførings verdi (Candow & Burke, 2007; Kraemer & Ratamess, 2004). Mine forsøkspersoner vil da falle omtrent midt imellom utrente og godt trente individer som nevnt tidligere i oppgaven.

Treningen har vært lik, men det som er verdt å merke seg er TG2 sin tendering til nedgang i RFD til peak force. Selv om TG2 er blitt sterkere i 1RM så har den maksimale kraftutviklingen i RFD til peak force gått noe ned, dog ikke signifikant. Det kan tenkes at dette har noe med treningens form. Treningen i intervensjonen har vært tunge vekter som ikke har vært mulig å flytte med maks hastighet. Hastighet på løftene er også spesifikke tilpassinger (Coyle et al., 1981; Kraemer et al., 2000; Widrick et al., 2002). Det kan tenkes at grunnet lenger restitusjonstid i TG1 og den mer konstante belastningen over tid for TG2 har skapt neurale og muskulære adaptasjoner mer spesifikke til oppgaven de ble utsatt for. Dette er en mulig hypotese for videre forskning, men i dette tilfeller blir det ren spekulasjon da det ikke er gjort spesifikke målinger og kontrollert for dette.

5.5 Styrker og Svakheter

5.5.1 Design

Studiedesignet som ble benyttet i dette prosjektet var et stratifisert randomisert intervensjonsstudie med to forskjellige treningsfrekvenser på en og fire treningsøkter i uken. Stratifiseringen ble gjennomført for å sikre likhet i gruppene både i forhold til kjønnsbalanse og styrkegrunnlaget i hver gruppe ved intervensjonens oppstart. Ingen forsøkspersoner eller testpersonell visste hvilken gruppe forsøkspersonene var i ved pre-test, da det ikke ble

randomisert i grupper før fullført pre-testing. Dette var for å blinde pretestene og ikke skape kunstige forskjeller basert på ønsker og forventninger fra forsøkspersoner og testpersonell som kunne forme resultater og motivasjon (S. J. Day & Altman, 2000; Drageset & Ellingsen, 2009). Ingen videre blinding var praktisk mulig å gjennomføre. Da dette er et masterprosjekt som en del av et studieløp, med de rammene det innebærer i forhold til gjennomføring, var det ikke mulig å innhente eksterne testledere og treningsveiledere da det ikke hadde blitt økonomisk mulig å gjennomføre. Ved en treningsintervensjon som denne er det også så godt som umulig å blinde forsøkspersonene videre da de vet hvilken gruppe de er i. Det ble derimot lagt stor vekt på å behandle alle deltagere i studien likt med like beskjeder, oppførsel og motivasjon. Det ble også lagt vekt på å ikke gi forsøkspersonene informasjon om hvilke forventninger og hypoteser som lå til grunne for prosjektet. Dette er i min mening med på å styrke den interne validiteten i prosjektet.

Da dette kan anses som en form for behandling kan det være ønskelig med en kontroll gruppe å sammenligne opp mot. På den andre siden så ser dette prosjektet på to forskjellige frekvenser og i den måte to forskjellige fremgangsmåter for styrketrening med allerede trente forsøkspersoner. Det ville her vært uetisk og ikke gjennomførbart og tatt en kontrollgruppe som allerede trente og bedt de om å ikke trene. Samtidig kunne man ikke kontrollert for hvilken metode kontrollgruppen valgte å trene med i intervensjonsperioden. Derav ble fokuset lagt på å gjennomføre prosjektet uten kontrollgruppe da formålet var å sammenligne frekvensene og man anser styrketrening som å ha en velkjent effekt og det er klart at det ikke er bare en metode for å bli sterkere (Kraemer, 1997; Kraemer & Ratamess, 2004; Schoenfeld et al., 2014)

5.5.2 Inklusjon og Eksklusjonskriterier

Moderat trente individ over 18 år ble rekruttert til studiet. Moderat trente ble definert her som individ som ikke var utrente, men levde til vanlig det man kan beskrive som en fysisk aktiv livsstil med trening de siste 6 månedene. De som ble rekruttert kunne heller ikke ha trent spesifikt på styrketrening mot konkurranser og lignende de siste 12 månedene. En klar svakhet med dette er at selv om alle deltagerne hadde et treningsgrunnlag var det høyst varierende i form av hvilken trening. Alle hadde en form for trening med vekter, men gjorde for forskjellige idretter. Dermed kan potensielt noen ha vært mindre trent i sitt styrkepotensiale og dermed muligens respondere bedre enn andre på treningen, da med tanke på

adapsjoner som mindre trente vil gjøre raskere enn bedre trente (Kraemer & Ratamess, 2004). På samme måte kan potensielt noen ha vært veldig godt trente før 12 måneder før studien og potensielt raskere komme opp på nivået de var på (Gundersen, 2016). Det kan tenkes at dette kan ha påvirket resultatene, men det var dette utvalget som var mest interessant og samtidig gjennomførbart. Da utrente ville høyst sannsynlig hatt stor fremgang uansett treningsmetode (Ratamess et al., 2009). Disse kriteriene ble satt for å styrke den ytre validiteten og gjøre studien mer generaliserbar til den gitte populasjonen (Drageset & Ellingsen, 2009). Personer med tidligere skader, sykdommer, lengre fravær, ferie og/eller praksis ble ekskludert.

5.5.3 Frafall

Siden alle forsøkspersoner er frivillige deltagere i en studie med retten til å trekke seg når som helst uten å oppgi grunn for å trekke seg kan man ved et forskningsprosjekt aldri garantere at forsøkspersoner er med gjennom hele studien (Dalland, 2012). Frafallet i gruppene var ikke nevneverdig forskjellige mellom gruppene, TG1 (N=3) og TG2 (N=2). TG1 hadde to forsøkspersoner som trakk seg grunnet skader som de påførte seg utenom prosjektet. En forsøksperson fikk en muskulær skade og måtte trekke seg fra prosjektet, da treningsøktene ikke ga rom for tilpassing i form av gjenopptrening. TG2 hadde en forsøksperson som trakk seg grunnet personlige årsaker og her var det også en som skadet seg utenom prosjektet. Siden de ikke var noen av gruppene som skilte seg bemerkelsesverdig med frafall så kan det ikke konkluderes med at noen av treningsfrekvensene var mer utfordrende enn andre med tanke på tidsbruk og lignende. Det som derimot var en utfordring var at dette var allerede aktive personer som ble rekruttert til prosjektet. Det ble ikke satt andre begrensinger enn at styrketrening på underekstremitetene ikke kunne gjennomføres, men andre aktiviteter i hverdagen har også skadepotensial som ga resultat i til sammen tre forsøkspersoner som måtte trekke seg underveis i intervensjonen.

5.5.4 Intervensjon

Intervensjonens formål var å legge opp til å sammenligne to forskjellige treningsfrekvenser, da på en og fire treningsøkter i uken. Når vi ser på treningsfrekvens er det viktig å ta høyde for andre variabler innenfor styrketrening som volum og motstand da begge disse er anerkjent som sterke pådrivere for muskulær utvikling (Kraemer, Adams, et al., 2002; Kraemer & Ratamess, 2004; Schoenfeld et al., 2016). Dette er tatt høyde for i intervensjonen ved at

begge grupper er nøye overvåket for å sørge for at de har likt antall sett og repetisjoner i løpet av intervensjonen. Motstanden vil være ulik grunnet styrkegrunnlaget til hver enkelt utøver, men relativ til styrkegrunnlaget. Dette vil ha påvirket det totale treningsvolumet i perioden (Raastad et al., 2010). Frekvens har blitt definert på forskjellige måter, men i dette prosjektet blir det definert som antall treningsøkter i uken, per muskelgruppe. Frekvensen i dette prosjektet er valgt grunnet at det var et manglende bevisgrunnlag. Det er også funnet store forskjeller på resultat ved en og to treningsøkter, men ved to og tre kan man ikke si at flere nødvendigvis er bedre (Fleck & Kraemer, 2014; Kraemer, Adams, et al., 2002; Kraemer & Ratamess, 2004; Raastad et al., 2010; Schoenfeld et al., 2016; Schoenfeld et al., 2014).

Utvalget i denne studien er lite, men samtidig på høyde med mange andre studier gjort på dette feltet. Dette kan være problematisk med tanke på type-2 feil (Drageset & Ellingsen, 2009). Det skulle gjerne vært flere forsøkspersoner, men tidsbruk og tilgangen på villige forsøkspersoner var en hindring for dette. På samme tid så er dette prosjektet ment for å gi en pekepinn og mulig grunnlag for videre forskning.

I forhold til læringseffekt på styrketestene ble det gjennomført en tilvenningstest for å gjøre forsøkspersonene vant til utstyr og testsituasjon (Chilibeck, Calder, Sale, & Webber, 1997; Farinatti et al., 2013). Det kunne vært ønskelig med flere tilvenninger, men da dette var personer som allerede trente ble det i sammenheng med tidsbruken ansett som tilstrekkelig med en tilvenning på power og styrketest. Det ble ikke gjort tilvenningstest på spenst, men spensthopp ble tatt som en del av oppvarmingen til styrketestene, da med instruksjoner om gjennomføringen som tilsvarte det som skulle gjennomføres på testdagen.

Den største styrken i denne intervensjonen er at med unntak av noen få treningsøkter så var testleder til stede under treningsøktene og hjalp til med sikring av øvelser, gjennomføring og dokumentering av antall sett, repetisjoner og motstand. På denne måten kan vi dokumentere et så likt volum som mulig i denne studien. Det skal sies at siden alle sett er dokumentert med antall kilogram i motstand kan vi også se at det totale treningsvolumet hadde en forskjell fra gruppene, men dog ikke statistisk signifikant forskjellig. Vi kan på denne måten være nokså sikre på at volumet var så likt som man ut fra forutsetningene var i stand til å oppnå.

5.5.5 Generaliseringsmuligheter

Resultatene i denne oppgaven er spesifikt for unge, moderat trente, fysisk aktive. På grunn av dette kan ikke resultatene generaliseres til utrente, eldre, barn og/eller andre grupperinger i samfunnet. Det er heller ikke gjort en styrkevurdering av utvalget, dette er ikke gjort da det er for lite til å kunne si noe spesifikt om større populasjonergrupper i utgangspunktet. Denne studien må brukes som et springbrett for andre studier, da den per dags dato også står veldig ensomt med tanke på resultatene den har produsert.

6. Konklusjon

Begge grupper økte som forventet sin styrke målt i 1RM knebøy. TG2 økte 1RM knebøy signifikant i forhold til TG1. TG1 økte sin spenst målt med Squat Jump signifikant. Begge grupper økte i Maksimal Power Output, TG2 signifikant økning, TG1 tenderte mot en økning. I RFD til peak force tenderte TG2 mot en nedgang. Begge grupper oppnådde en økning i muskeltykkelse. Ingen forandring og/eller forskjell mellom gruppene i muskelmasse, MVC og RFD til 200ms.

Dette tyder på at fysisk aktive, moderat trente, unge mennesker, reagerer ulikt på ulike treningsfrekvenser. Korte økter fire ganger i uken er mer effektivt for maksimal styrke i 1RM knebøy og power enn lengre økter en gang i uken. Lavere frekvens er mer effektivt for overføringsverdien til spenst og hopp. Det ble ikke funnet noen forskjell mellom høy og lav frekvens for hypertrofisk respons i styrketrening, utlignet for volum.

Litteraturliste

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol (1985)*, *93*(4), 1318-1326. doi:10.1152/jappphysiol.00283.2002
- Abe, T., DeHoyos, D. V., Pollock, M. L., & Garzarella, L. (2000). Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *European journal of applied physiology*, *81*(3), 174-180.
- Adams, G. R. (1998). Role of insulin-like growth factor-I in the regulation of skeletal muscle adaptation to increased loading. *Exercise and sport sciences reviews*, *26*, 31-60.
- Akima, H., & Saito, A. (2013). Activation of quadriceps femoris including vastus intermedius during fatiguing dynamic knee extensions. *European journal of applied physiology*, *113*(11), 2829-2840.
- Arazi, H., & Asadi, A. (2011). Effects of 8 weeks equal-volume resistance training with different workout frequency on maximal strength, endurance and body composition. *Int J Sports Sci Eng*, *5*(2), 112-111.
- Bamman, M. M., Newcomer, R. B., Larson-Meyer, E. D., Weinsier, L. R., & Hunter, R. G. (2000). Evaluation of the strength-size relationship in vivo using various muscle size indices. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *32*(7), 1307-1313. doi:10.1097/00005768-200007000-00019
- Barnett, J. G., Holly, R. G., & Ashmore, C. R. (1980). Stretch-induced growth in chicken wing muscles: biochemical and morphological characterization. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, *239*(1), C39-C46. doi:10.1152/ajpcell.1980.239.1.C39
- Benton, M. J., Kasper, M. J., Raab, S. A., Waggener, G. T., & Swan, P. D. (2011). Short-term effects of resistance training frequency on body composition and strength in middle-aged women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *25*(11), 3142-3149.
- Bird, S. P., Tarpenning, K. M., & Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness. *Sports medicine*, *35*(10), 841-851.
- Booth, F. W., & Thomason, D. B. (1991). Molecular and cellular adaptation of muscle in response to exercise: perspectives of various models. *Physiological Reviews*, *71*(2), 541-585. doi:10.1152/physrev.1991.71.2.541
- Buresh, R., Berg, K., & French, J. (2009). The Effect of Resistive Exercise Rest Interval on Hormonal Response, Strength, and Hypertrophy With Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*(1), 62-71. doi:10.1519/jsc.0b013e318185f14a
- Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., . . . Staron, R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European journal of applied physiology*, *88*(1), 50-60.

- Candow, D. G., & Burke, D. G. (2007). Effect of short-term equal-volume resistance training with different workout frequency on muscle mass and strength in untrained men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 204-207.
- Carneiro, N. H., Ribeiro, A. S., Nascimento, M. A., Gobbo, L. A., Schoenfeld, B. J., Júnior, A. A., . . . Cyrino, E. S. (2015). Effects of different resistance training frequencies on flexibility in older women. *Clinical interventions in aging*, 10, 531.
- Carroll, Abernethy, Logan, Barber, & McEniery. (1998). Resistance training frequency: strength and myosin heavy chain responses to two and three bouts per week. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 78(3), 270-275.
- Carroll, Selvanayagam, Riek, & Semmler. (2011). Neural adaptations to strength training: Moving beyond transcranial magnetic stimulation and reflex studies. *Acta Physiologica*, 202(2), 119-140. doi:10.1111/j.1748-1716.2011.02271.x
- Chilibeck, P. D., Calder, A. W., Sale, D. G., & Webber, C. E. (1997). A comparison of strength and muscle mass increases during resistance training in young women. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77(1), 170-175.
- Christova, P., & Kossev, A. (2000). Human motor unit activity during concentric and eccentric movements. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 40(6), 331-338.
- Coelho, H. J. J., Rodrigues, B., de Oliveira Gonçalves, I., & Uchida, M. C. (2017). Effects of a short-term detraining period on muscle functionality and cognition of strength-trained older women: a preliminary report. *Journal of exercise rehabilitation*, 13(5), 559-567. doi:10.12965/jer.1735010.505
- Conceição, F., Fernandes, J., Lewis, M., González-Badillo, J. J., & Jiménez-Reyes, P. (2015). Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. *Journal of Sports Sciences*, 34(12), 1-8. doi:10.1080/02640414.2015.1090010
- Cotterman, M. L., Darby, L. A., & Skelly, W. A. (2005). Comparison of muscle force production using the Smith machine and free weights for bench press and squat exercises. *J Strength Cond Res*, 19(1), 169-176. doi:10.1519/14433.1
- Coyle, E. F., Feiring, D. C., Rotkis, T. C., R. W. Cote, r., Roby, F. B., Lee, W., & Wilmore, J. H. (1981). Specificity of power improvements through slow and fast isokinetic training. *Journal of Applied Physiology*, 51(6), 1437-1442. doi:10.1152/jappl.1981.51.6.1437
- Cuthbertson, D. J., Babraj, J., Smith, K., Wilkes, E., Fedele, M. J., Esser, K., & Rennie, M. (2006). Anabolic signaling and protein synthesis in human skeletal muscle after dynamic shortening or lengthening exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 290(4), E731-E738. doi:10.1152/ajpendo.00415.2005
- Dalland, O. (2012). Metode og oppgaveskriving (5. utg.). Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.

- Day, McGuigan, Brice, & Foster. (2004). Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(2), 353-358.
- Day, S. J., & Altman, D. G. (2000). Blinding in clinical trials and other studies. *BMJ*, 321(7259), 504.
- Drageset, S., & Ellingsen, S. (2009). Forståelse av kvantitativ helseforskning—en introduksjon og oversikt.
- Ebbeling, C. B., & Clarkson, P. M. (1989). Exercise-Induced Muscle Damage and Adaptation. *Sports medicine*, 7(4), 207-234. doi:10.2165/00007256-198907040-00001
- Esco, M. R. (2013). *Resistance Training for Health and Fitness*. Retrieved from American College of Sport Medicine: <https://www.acsm.org/docs/brochures/resistance-training.pdf>
- Farinatti, P. T., Geraldes, A. A., Bottaro, M. F., Lima, M. V. I., Albuquerque, R. B., & Fleck, S. J. (2013). Effects of different resistance training frequencies on the muscle strength and functional performance of active women older than 60 years. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(8), 2225-2234.
- Finer, J. T., Simmons, R. M., & Spudich, J. A. (1994). Single myosin molecule mechanics: piconewton forces and nanometre steps. *Nature*, 368(6467), 113-119. doi:10.1038/368113a0
- Fitts, R. H., & Widrick, J. J. (1996). Muscle mechanics: adaptations with exercise-training. *Exercise and sport sciences reviews*, 24, 427-473.
- Fleck. (1999). Periodized strength training: a critical review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(1), 82-89.
- Fleck. (2003). Cardiovascular responses to strength training. *Strength and power in sport*, 2, 387-406.
- Fleck, & Kraemer. (2014). *Designing Resistance Training Programs-4th Edition*.
- Fry, A. C., & Kraemer, W. J. (1997). Resistance Exercise Overtraining and Overreaching. *Sports medicine*, 23(2), 106-129. doi:10.2165/00007256-199723020-00004
- Geiger, P. C., Cody, M. J., Macken, R. L., & Sieck, G. C. (2000). Maximum specific force depends on myosin heavy chain content in rat diaphragm muscle fibers. *Journal of Applied Physiology*, 89(2), 695-703. doi:10.1152/jappl.2000.89.2.695
- Gibala, Interisano, Tarnopolsky, Roy, MacDonald, Yarasheski, & MacDougall. (2000). Myofibrillar disruption following acute concentric and eccentric resistance exercise in strength-trained men. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 78(8), 656-661. doi:10.1139/y00-036

- Gibala, MacDougall, Tarnopolsky, Stauber, & Elorriaga. (1995). Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 78(2), 702-708. doi:10.1152/jappl.1995.78.2.702
- Giorgi, A., Wilson, G. J., Weatherby, R. P., & Murphy, A. J. (1998). Functional Isometric Weight Training: Its Effects on the Development of Muscular Function and the Endocrine System Over an 8-Week Training Period. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 12(1), 18-25.
- Graves, J. E. P., M. L.; Hegget, S. H.; Braith, R. W.; Carpenter, D. M.; Bishop, L. E. (1988). Effect of Reduced Training Frequency on Muscular Strength. *Int J Sports Med*, 09(5), 316-319. doi:10.1055/s-2007-1025031
- Grgic, Lazinica, Mikulic, Krieger, & Schoenfeld. (2017). The effects of short versus long inter-set rest intervals in resistance training on measures of muscle hypertrophy: A systematic review. *European Journal of Sport Science*, 17(8), 983-993. doi:10.1080/17461391.2017.1340524
- Grgic, Schoenfeld, Davies, Lazinica, Krieger, & Pedisic. (2018). Effect of Resistance Training Frequency on Gains in Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine*, 48(5), 1207-1220. doi:10.1007/s40279-018-0872-x
- Gundersen, K. (2016). Muscle memory and a new cellular model for muscle atrophy and hypertrophy. *Journal of Experimental Biology*, 219(2), 235-242.
- Gülch, R. W. (1994). Force-Velocity Relations in Human Skeletal Muscle. *Int J Sports Med*, 15(S 1), S2-S10. doi:10.1055/s-2007-1021103
- Haff, G. G., Ruben, P. R., Lider, P. J., Twine, P. C., & Cormie, P. P. (2015). A Comparison of Methods for Determining the Rate of Force Development During Isometric Midthigh Clean Pulls. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(2), 386-395. doi:10.1519/JSC.0000000000000705
- Hartman, M. J., Clark, B., Bemben, D. A., Kilgore, J. L., & Bemben, M. G. (2007). Comparisons between twice-daily and once-daily training sessions in male weight lifters. *International journal of sports physiology and performance*, 2(2), 159-169.
- Hather, B. M., Tesch, P. A., Buchanan, P., & Dudley, G. A. (1991). Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance training. *Acta Physiologica Scandinavica*, 143(2), 177-185. doi:10.1111/j.1748-1716.1991.tb09219.x
- Heymsfield, S. B., Gonzalez, M. C., Lu, J., Jia, G., & Zheng, J. (2015). Skeletal muscle mass and quality: evolution of modern measurement concepts in the context of sarcopenia. *Proceedings of the Nutrition Society*, 74(04), 355-366.
- Hickson, R. C., Hidaka, K., & Foster, C. (1994). Skeletal muscle fiber type, resistance training, and strength-related performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 26(5), 593-598.
- Hong, A.-R., Hong, S.-M., & Shin, Y.-A. (2014). Effects of Resistance Training on Muscle Strength, Endurance, and Motor Unit According to Ciliary Neurotrophic Factor

- Polymorphism in Male College Students. *Journal of sports science & medicine*, 13(3), 680.
- Hunter, G. R. (1985). Research: Changes in body composition, body build and performance associated with different weight training frequencies in males and females. *Strength & Conditioning Journal*, 7(1), 26-28.
- Hunter, G. R., McCarthy, J. P., Bryan, D. R., Zuckerman, P. A., Bamman, M. M., & Byrne, N. M. (2008). Increased strength and decreased flexibility are related to reduced oxygen cost of walking. *European journal of applied physiology*, 104(5), 895. doi:10.1007/s00421-008-0846-z
- Häkkinen. (1985). Research overview: Factors influencing trainability of muscular strength during short term and prolonged training. *Strength & Conditioning Journal*, 7(2), 32-37.
- Häkkinen. (1995). Neuromuscular fatigue and recovery in women at different ages during heavy resistance loading. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 35(7), 403-4012.
- Häkkinen, Alèn, & Komi. (1985). 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), 573-585. doi:10.1111/j.1748-1716.1985.tb07759.x
- Häkkinen, Komi, Alén, & Kauhanen. (1987). EMG, muscle fibre and force production characteristics during a 1 year training period in elite weight-lifters. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(4), 419-427. doi:10.1007/bf00417769
- Häkkinen, Pakarinen, Alén, Kauhanen, & Komi. (1987). Relationships Between Training Volume, Physical Performance Capacity, and Serum Hormone Concentrations During Prolonged Training in Elite Weight Lifters. *Int J Sports Med*, 08(S 1), S61-S65. doi:10.1055/s-2008-1025705
- Häkkinen, Pakarinen, Alén, Kauhanen, & Komi. (1988). Neuromuscular and hormonal responses in elite athletes to two successive strength training sessions in one day. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 57(2), 133-139. doi:10.1007/bf00640652
- Kawakami, Y., Abe, T., & Fukunaga, T. (1993). Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. *Journal of Applied Physiology*, 74(6), 2740-2744. doi:10.1152/jappl.1993.74.6.2740
- Kawamori, N., & Haff, G. G. (2004). The Optimal Training Load for the Development of Muscular Power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 675-684.
- Kernan, W. N., Viscoli, C. M., Makuch, R. W., Brass, L. M., & Horwitz, R. I. (1999). Stratified randomization for clinical trials. *Journal of clinical epidemiology*, 52(1), 19-26.

- Knapik, J. J., Mawdsley, R. H., & Ramos, M. U. (1983). Angular Specificity and Test Mode Specificity of Isometric and Isokinetic Strength Training. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 5(2), 58-65. doi:10.2519/jospt.1983.5.2.58
- Knuttgen, H. G., & Kraemer, W. J. (1987). Terminology and Measurement in Exercise Performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 1(1), 1-10.
- Kollias, I., Hatzitaki, V., Papaiakevou, G., & Giatsis, G. (2001). Using Principal Components Analysis to Identify Individual Differences in Vertical Jump Performance. *Research quarterly for exercise and sport*, 72(1), 63-67. doi:10.1080/02701367.2001.10608933
- Komi, P. V., Kaneko, M., & Aura, O. (1987). EMG Activity of the Leg Extensor Muscles with Special Reference to Mechanical Efficiency in Concentric and Eccentric Exercise. *Int J Sports Med*, 08(S 1), S22-S29. doi:10.1055/s-2008-1025700
- Kotzamanidis, C., Chatzopoulos, D., Michailidis, C., Papaiakevou, G., & Patikas, D. (2005). The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(2), 369-375.
- Kraemer. (1997). A Series of Studies—The Physiological Basis for Strength Training in American Football: Fact Over Philosophy. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 11(3), 131-142.
- Kraemer, Adams, Cafarelli, Dudley, Dooly, Feigenbaum, . . . Hoffman. (2002). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(2), 364-380.
- Kraemer, Gordon, Fleck, Marchitelli, Mello, Dziados, . . . Fry. (1991). Endogenous Anabolic Hormonal and Growth Factor Responses to Heavy Resistance Exercise in Males and Females. *Int J Sports Med*, 12(02), 228-235. doi:10.1055/s-2007-1024673
- Kraemer, Marchitelli, Gordon, Harman, Dziados, Mello, . . . Fleck. (1990). Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *Journal of Applied Physiology*, 69(4), 1442-1450. doi:10.1152/jappl.1990.69.4.1442
- Kraemer, & Ratamess. (2000). Physiology of resistance training: current issues. *Orthopaedic Physical Therapy Clinics of North America*, 9(4), 467-514.
- Kraemer, & Ratamess. (2004). Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(4), 674-688.
- Kraemer, Ratamess, & French. (2002). Resistance training for health and performance. *Current sports medicine reports*, 1(3), 165-171.
- Kraemer, Ratamess, Fry, Triplett-McBride, Koziris, Bauer, . . . Fleck. (2000). Influence of Resistance Training Volume and Periodization on Physiological and Performance Adaptations in Collegiate Women Tennis Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(5), 626-633. doi:10.1177/03635465000280050201

- Kraemer, Ratamess, & Komi. (2003). Endocrine responses and adaptations to strength and power training. *Strength and power in sport*, 2, 361-386.
- Kramer, J. B., Stone, M. H., O'bryant, H. S., Conley, M. S., Johnson, R. L., Nieman, D. C., . . . Hoke, T. P. (1997). Effects of single vs. multiple sets of weight training: impact of volume, intensity, and variation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11, 143-147.
- Kreamer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S., . . . Triplett-McBride, T. (2002). Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(3), 687-708.
- Leong, B., Kamen, G., Patten, C., & Burke, J. R. (1999). Maximal motor unit discharge rates in the quadriceps muscles of older weight lifters. *Medicine and science in sports and exercise*, 31(11), 1638-1644. doi:10.1097/00005768-199911000-00022
- Levinger, I., Goodman, C., Hare, D. L., Jerums, G., Toia, D., & Selig, S. (2009). The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(2), 310-316.
- Mann, J. B., Thyfault, J. P., Ivey, P. A., & Sayers, S. P. (2010). The Effect of Autoregulatory Progressive Resistance Exercise vs. Linear Periodization on Strength Improvement in College Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1718-1723. doi:10.1519/jsc.0b013e3181def4a6
- McCall, Byrnes, Dickinson, Pattany, & Fleck. (1996). Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 81(5), 2004-2012. doi:10.1152/jappl.1996.81.5.2004
- McCall, Byrnes, Fleck, Dickinson, & Kraemer. (1999). Acute and Chronic Hormonal Responses to Resistance Training Designed to Promote Muscle Hypertrophy. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 24(1), 96-107. doi:10.1139/h99-009
- Mckenzie, G. G. (1981). Effects of frequency of weight training on muscle strength enhancement. *J Sports Med Phys Fitness*, 21(4), 432-436.
- McLester, J. R., Bishop, E., & Guilliams, M. E. (2000). Comparison of 1 Day and 3 Days Per Week of Equal-Volume Resistance Training in Experienced Subjects. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(3), 273-281.
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., . . . American College of Sports, M. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and science in sports and exercise*, 45(1), 186-205. doi:10.1249/mss.0b013e318279a10a
- Miyatani, M., Kanehisa, H., Ito, M., Kawakami, Y., & Fukunaga, T. (2004). The accuracy of volume estimates using ultrasound muscle thickness measurements in different muscle groups. *European journal of applied physiology*, 91(2-3), 264-272.

- Morganti, C. M., Nelson, M. E., Fiatarone, M. A., Dallal, G. E., Economos, C. D., Crawford, B. M., & Evans, W. J. (1995). Strength improvements with 1 yr of progressive resistance training in older women. *Medicine and science in sports and exercise*, 27(6), 906-912.
- Moss, B. M., Refsnes, P. E., Abildgaard, A., Nicolaysen, K., & Jensen, J. (1997). Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75(3), 193-199.
doi:10.1007/s004210050147
- O'Bryant, H. S., Byrd, R., & Stone, M. H. (1988). Cycle Ergometer Performance and Maximum Leg and Hip Strength Adaptations to Two Different Methods of Weight-Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2(2), 27-30.
- Phillips. (2000). Short-Term Training: When Do Repeated Bouts of Resistance Exercise Become Training? *Canadian Journal of Applied Physiology*, 25(3), 185-193.
doi:10.1139/h00-014
- Phillips, Tipton, Aarsland, Wolf, & Wolfe. (1997). Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 273(1), E99-E107.
doi:10.1152/ajpendo.1997.273.1.E99
- Raastad, Kirketeig, & Wolf. (2012). Powerlifters improved strength and muscular adaptations to a greater extent when equal total training volume was divided into 6 compared to 3 sessions per week. *17th Annual Conference of the European College of Sport Science*.
- Raastad, Paulsen, Refsnes, Rønnestad, & Wisnes. (2010). *Styrketrening-i teori og praksis*: Gyldendal.
- Raastad, T., Bjørø, T., & Hallén, J. (2000). Hormonal responses to high- and moderate-intensity strength exercise. *European journal of applied physiology*, 82(1), 121-128.
doi:10.1007/s004210050661
- Ralston, G. W., Kilgore, L., Wyatt, F. B., Buchan, D., & Baker, J. S. (2018). Weekly Training Frequency Effects on Strength Gain: A Meta-Analysis. *Sports Medicine - Open*, 4(1), 36. doi:10.1186/s40798-018-0149-9
- Ratamess, Alvar, Evetoch, Housh, Kibler, Kraemer, & Triplett. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(3), 687-708.
- Ratamess, Kraemer, Volek, Rubin, Gomez, French, . . . Häkkinen. (2003). The effects of amino acid supplementation on muscular performance during resistance training overreaching. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(2), 250-258.
- Rhea, Alvar, Burkett, & Ball. (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(3), 456-464.

- Ribeiro, A. S., BJ; Silva, DR, et al. . (2015). Effect of two- versus three-way split resistance training routines on body composition and muscular strength in bodybuilders: A pilot study. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 26(6), 559-565.
- Rooney, K. J., Herbert, R. D., & Balnave, R. J. (1994). Fatigue contributes to the strength training stimulus. *Medicine and science in sports and exercise*, 26(9), 1160-1164.
- Rønnestad, B. R., Kojedal, Ø., Losnegard, T., Kvamme, B., & Raastad, T. (2012). Effect of heavy strength training on muscle thickness, strength, jump performance, and endurance performance in well-trained Nordic Combined athletes. *European journal of applied physiology*, 112(6), 2341-2352.
- Sale, & MacDougall. (1981). *Specificity in strength training: A review for the coach and athlete* (Vol. 6).
- Sale, D. G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 20(5 Suppl), S135-145.
- Schiotz, M. K., Potteiger, J. A., Huntsinger, P. G., & Denmark, L. C. (1998). The Short-Term Effects of Periodized and Constant-Intensity Training on Body Composition, Strength, and Performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 12(3), 173-178.
- Schoenfeld. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2857-2872.
- Schoenfeld, Grgic, Ogborn, & Krieger. (2017). Strength and Hypotrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review And Meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(12), 3508-3523.
- Schoenfeld, Ogborn, & Krieger. (2016). Effects of Resistance Training Frequency on Measures of Muscle Hypertrophy: A systematic review and Meta-Analysis. *Sports Med.*, 46, 1689-1697. doi:10.1007/s40279-016-0543-8
- Schoenfeld, Ratamess, Peterson, Contreras, Sonmez, & Alvar. (2014). Effects of Different Volume-Equated Resistance Training Loading Strategies on Muscular Adaptations in Well-Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(9), 2909-2918.
- Schoenfeld, Ratamess, Peterson, Contreras, & Tiriyaki-Sonmez. (2015). Influence of resistance training frequency on muscular adaptations in well-trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 1821-1829.
- Sharp, N. C. C. (1991). Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription. In (pp. 244): BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine.
- Simão, R., Spinetti, J., de Salles, B. F., Oliveira, L. F., Matta, T., Miranda, F., . . . Costa, P. B. (2010). Influence of exercise order on maximum strength and muscle thickness in untrained men. *J Sports Sci Med*, 9(1), 1-7.

- Steib, S., Schoene, D., & Pfeifer, K. (2010). Dose-Response Relationship of Resistance Training in Older Adults: A Meta-Analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(5), 902-914. doi:10.1249/MSS.0b013e3181c34465
- Stone, M. H., O'bryant, H. S., Mccoy, L., Coglianese, R., Lehmkuhl, M., & Schilling, B. (2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 140-147.
- Tesch, P. A., Komi, P. V., & Häkkinen, K. (1987). Enzymatic Adaptations Consequent to Long-Term Strength Training*. *Int J Sports Med*, 08(S 1), S66-S69. doi:10.1055/s-2008-1025706
- Thomas, J. R., Silverman, S. J., & Nelson, J. K. (2011). *Research methods in physical activity* (6th ed. ed.). Champaign, Ill: Human Kinetics.
- Verney, J., Metz, L., Chaplais, E., Cardenoux, C., Pereira, B., & Thivel, D. (2016). Bioelectrical impedance is an accurate method to assess body composition in obese but not severely obese adolescents. *Nutrition Research*.
- Verney, J., Schwartz, C., Amiche, S., Pereira, B., & Thivel, D. (2015). Comparisons of a multi-frequency bioelectrical impedance analysis to the dual-energy X-ray absorptiometry scan in healthy young adults depending on their physical activity level. *Journal of human kinetics*, 47(1), 73-80.
- Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomeé, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports medicine*, 37(3), 225-264.
- Widrick, J. J., Stelzer, J. E., Shoepe, T. C., & Garner, D. P. (2002). Functional properties of human muscle fibers after short-term resistance exercise training. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 283(2), R408-R416. doi:10.1152/ajpregu.00120.2002

Vedlegg 1

Informasjonsskriv med samtykke

Vil du delta i forskningsprosjektet

” Effekten av frekvens på styrke og muskelstørrelse i trening”?

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å se hvilken effekt forskjellige treningsfrekvenser har på styrke- og hypertrofiutvikling. I dette skrevet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Hvordan kan 10 uker med styrketrening utlignet for volum påvirkes av frekvensbasert trening med 1 vs. 4 på hypertrofi, maksimal og eksplosiv styrkeutvikling?

Styrke og muskelstørrelse er viktige faktorer for idrettsutøvere og mosjonister. Det finnes flere ulike metoder for å utvikle dette, men forskning har til nå vært mangelfull når det kommer til variabelen frekvens, når det kommer til utformingen av treningsprogrammer og metoder. Hensikten med denne studien er å undersøke hvilken effekt frekvens har alene på disse utfallene hos friske individ. Om det er mulig å få det samme resultatet på 1 dag eller om det lønner seg med flere korte økter i løpet av en treningsuke.

Dette prosjektet er en Masteroppgave ved Høyskolen på Vestlandet

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Høyskolen på Vestlandet er ansvarlig for prosjektet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Utvalget består av studenter ved Høyskolen på Vestlandet.

Kriteriene for å bli med i studiet er at du liker å være fysisk aktiv og ikke er «utrent». Du kan ikke være med i studien dersom du har trent systematisk det siste året med tanke på prestasjonsutvikling innenfor styrkeidretter (konkurrans) eller om du har medisinske eller fysiske skader som kan påvirke din mulighet for å trene over lenger tid.

Hva innebærer det for deg å delta?

Prosjektet vil ha oppstart September/Oktober 2018. Som deltager vil du bli plassert i en av to grupper. En kontrollgruppe som vil trene 1,5-2 timer (avhengig av pausebehov) 1 dag i uken eller en intervensjonsgruppe som vil trene ca.30 min, 4 dager i uken i 10 uker, ikke inkludert testing før og etter. Med testing vil studien vare i ca. 12 uker. Det vil bli gjort målinger av maksstyrke i knebøy, eksplosiv styrke på kraftplattform. Muskelstørrelse i lår med ultralyd og kroppssammensetning med kroppsanalyse. I tillegg vil kjønn og alder bli registrert. Deltagere vil bli bedt om å ikke trene bein 48 timer før testene. I løpet av studien kan deltagere fortsatt trene overkropp og kondisjon, selv om det er ønskelig at tung kondisjonstrening ikke foregår innenfor 24 timer før treningsøktene på bein.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykke tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle opplysninger om deg vil da bli anonymisert. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

- De som vil ha tilgang til datamaterialet i dette prosjektet er Masterstudent: Pål Frøyen og veiledere: Vidar Andersen og Atle Hole Sæterbakken ved Høyskolen På Vestlandet.
- Ditt navn vil ikke lagres sammen med datamaterialet som blir samlet inn i sammenheng med din deltagelse. Navnet ditt erstattes med et deltagernummer som vil bli koblet sammen med en egen kodenøkkel som lagres adskilt fra nettverk og låst på egnet sted.

All informasjon blir anonymisert og ingen deltagere kan identifiseres gjennom publisert materiell. Det vil kun bli publisert resultat av tester med anonymiserte biometriske data.

Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?

Prosjektet skal etter planen avsluttes 01.07.2019. Etter denne datoen vil alle personopplysninger bli destruert.

Dine rettigheter

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

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- få slettet personopplysninger om deg,
- få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), og
- å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra Høyskolen på Vestlandet har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Hvor kan jeg finne ut mer?

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

- Høyskolen på Vestlandet
Pål Frøyen (student): tlf. 93481287 e-post: 571279@stud.hvl.no.
Vidar Arnesen (Veileder): e-post: Vidar.andersen@hvl.no
Atle Hole Sæterbakken (Veileder): e-post: atle.saeterbakken@hvl.no
- Vårt personvernombud: Halfdan Mellbye
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på epost (personvernombudet@nsd.no) eller telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

Prosjektansvarlig

Student: Pål Frøyen

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «Effekten av frekvens på styrke og muskelstørrelse i trening», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i testing av muskelstørrelse og muskelstyrke ved tester beskrevet i informasjonsskrivet.
- å delta i en treningsintervensjon med fokus på styrke og muskulær utvikling.

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, ca. 01.07.2019.

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Vedlegg 2

NSD Godkjenning

NSD Personvern

08.10.2018 09:08

Det innsendte meldeskjemaet med referansekode 630494 er nå vurdert av NSD.

Følgende vurdering er gitt:

Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet med vedlegg den 08.10.2018. Behandlingen kan starte.

MELD ENDRINGER

Dersom behandlingen av personopplysninger endrer seg, kan det være nødvendig å melde dette til NSD ved å oppdatere meldeskjemaet. På våre nettsider informerer vi om hvilke endringer som må meldes. Vent på svar før endringer gjennomføres.

TYPE OPPLYSNINGER OG VARIGHET

Prosjektet vil behandle alminnelige kategorier av personopplysninger frem til 01.07.2019.

LOVLIG GRUNNLAG

Prosjektet vil innhente samtykke fra de registrerte til behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at prosjektet legger opp til et samtykke i samsvar med kravene i art. 4 og 7, ved at det er en frivillig, spesifikk, informert og utvetydig bekreftelse som kan dokumenteres, og som den registrerte kan trekke tilbake. Lovlig grunnlag for behandlingen vil dermed være den registrertes samtykke, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a.

PERSONVERNPRINSIPPER

NSD finner at den planlagte behandlingen av personopplysninger vil følge prinsippene i personvernforordningen om:

- lovlighet, rettferdighet og åpenhet (art. 5.1 a), ved at de registrerte får tilfredsstillende informasjon om og samtykker til behandlingen
- formålsbegrensning (art. 5.1 b), ved at personopplysninger samles inn for spesifikke, uttrykkelig angitte og berettigede formål, og ikke behandles til nye, uforenlige formål
- dataminimering (art. 5.1 c), ved at det kun behandles opplysninger som er adekvate, relevante og nødvendige for formålet med prosjektet
- lagringsbegrensning (art. 5.1 e), ved at personopplysningene ikke lagres lengre enn nødvendig for å oppfylle formålet

DE REGISTRERTES RETTIGHETER

De registrerte vil ha følgende rettigheter i prosjektet: åpenhet (art. 12), informasjon (art. 13), innsyn (art. 15), retting (art. 16), sletting (art. 17), begrensning (art. 18), underretning (art. 19), dataportabilitet (art. 20). Rettighetene etter art. 15-20 gjelder så lenge den registrerte er mulig å identifisere i datamaterialet.

NSD vurderer at informasjonen om behandlingen som de registrerte vil motta oppfyller lovens krav til form og innhold, jf. art. 12.1 og art. 13.

Vi minner om at hvis en registrert tar kontakt om sine rettigheter, har behandlingsansvarlig institusjon plikt til å svare innen en måned.

FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER

NSD legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene i personvernforordningen om riktighet (art. 5.1 d), integritet og konfidensialitet (art. 5.1. f) og sikkerhet (art. 32). For å forsikre dere om at kravene oppfylles, må dere følge interne retningslinjer og/eller rådføre dere med behandlingsansvarlig institusjon.

OPPFØLGING AV PROSJEKTET

NSD vil følge opp behandlingen ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet.

Lykke til med prosjektet!

Kontaktperson hos NSD: Lene Chr. M. Brandt
Tlf. Personverntjenester: 55 58 21 17 (tast 1)

Vedlegg 3

Testskjema

Pre-Test

Deltager nr:

Høyde (cm)	
Vekt (kg)	
Alder + Kjønn	
Treningsstatus	
Typisk treningsuke (antall dager)	
Type trening	

Tanita

Muskelmasse %	
Muskelmasse Bein KG	

Ultralyd

	Måling 1	Måling 2	Måling 3	Måling 4	Måling 5	Gjennomsnitt
Tverrsnitt (mm)						
Lengde (Trochanter Major → Laterale Kondylen)						
Kjennetegn Lår (plassering/kommentar)						

Spenst

	Måling 1	Måling 2	Måling 3	Måling 4	Måling 5	Måling 6
SJ (cm)						

Beinplassering:**Dybde:****Power**

	40%	60%	80%	100%	120%
Motstand					
Power					

IRM

	Forsøk 1	Forsøk 2	Forsøk 3	Forsøk 4	Forsøk 5	Forsøk 6	Forsøk 7
Vekt (kg)							

Vedlegg 4.

Treningslogg for TG1 og TG2

Treningskiema

Deltagernummer:

Oppvarming: 5 min sykkel. 1 sett 10 repetisjoner 20kg (tom stang), 1 sett 50% av ukens gitte antall RM

Uke 1. 12RM Oppvym: K: _____ M: _____ U: _____ B.U: _____

Knebø y	Knebø y	Knebø y	Knebø y	Knebø y	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft
Utfall	Utfall	Utfall	Utfall	Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall

Uke 2. 12RM Oppvym: K: _____ M: _____ U: _____ B.U: _____

Knebø y	Knebø y	Knebø y	Knebø y	Knebø y	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft
Utfall	Utfall	Utfall	Utfall	Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall

Uke 3. 10RM Oppvym: K: _____ M: _____ U: _____ B.U: _____

Knebø y	Knebø y	Knebø y	Knebø y	Knebø y	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft
Utfall	Utfall	Utfall	Utfall	Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall

Uke 4. 10RM Oppvym: K: _____ M: _____ U: _____ B.U: _____

Knebø y	Knebø y	Knebø y	Knebø y	Knebø y	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft
Utfall	Utfall	Utfall	Utfall	Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall

Uke 5. 8RM Oppvym: K: _____ M: _____ U: B.U

Knebø y	Knebø y	Knebø y	Knebø y	Knebø y	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft
Utfall	Utfall	Utfall	Utfall	Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall

Uke 6. 8RM Oppvym: K: _____ M: _____ U: B.U

Knebø y	Knebø y	Knebø y	Knebø y	Knebø y	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft
Utfall	Utfall	Utfall	Utfall	Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall

Uke 7. 6RM Oppvym: K: _____ M: _____ U: B.U

Knebø y	Knebø y	Knebø y	Knebø y	Knebø y	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft
Utfall	Utfall	Utfall	Utfall	Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall

Uke 8. 6RM Oppvym: K: _____ M: _____ U: _____ B.U: _____

Knebø y	Knebø y	Knebø y	Knebø y	Knebø y	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft	Marklø ft
Utfall	Utfall	Utfall	Utfall	Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall	B. Utfall