



Universitetet
i Stavanger

FAKULTET FOR UTDANNINGSVITENSKAP OG HUMANIORA

MASTEROPPGAVE

Studieprogram: Utdanningsvitenskap –
Masterprogram
Idrett og kroppsøving

Vårsemesteret, 2019

Åpen

Forfatter: Fredrik Hviding

.....

(signatur forfatter)

Veileder: Shaher Shalfawi

Tittel på masteroppgaven: **Effekten to ulike styrketreningsmetoder har på maksimal styrke, antropometriske målinger, løftehastighet og utholdenhet hos første års idrettsstudenter**

Engelsk tittel: **The effect of different strength training loading models on maximal strength, endurance, lift velocity anthropometric characteristics on first year university students**

Emneord: Hypertrofisk styrketrening,
tradisjonell metode, clustersett, Bruce
Protocol, Beast Sensor, maksimalt
oksygenopptak

Antall ord: 20000

+ vedlegg/annet: 1342

Stavanger, 11.6.19

dato/år

Forord

Denne oppgaven er basert på et større prosjekt jeg var med på sammen med veileder Shaher Shalfawi, Bjørnar Kjellstadli, Anja Kristensen og Helene Merkesdal Hall. Jeg ønsker å si takk til alle som deltok i prosjektet, både prosjektledere og deltakere. Det gav mange erfaringer innen trening, organisering, testing og mye mer. Jeg takker veileder Shaher Shalfawi for god veiledning med oppgaven.

Stavanger, 2019

Fredrik Hviding

Sammendrag

HENSIKT: Hensikten med oppgaven var å se hvordan to ulike styrketreningsmetoder påvirker faktorer som muskelstyrke, muskelmasse, fettmasse, maksimal utholdenhet (VO_2 maks) og løftehastighet. De to styrketreningsmetodene er cluster og tradisjonell (hypertrofi).

METODE: Det var 18 idrettsstudenter som signerte samtykke, hvorav 14 fullførte intervensjon og testing. De ble tilfeldig delt inn i tre ulike grupper: Cluster, hypertrofi og kontroll. Deltakerne testet sin maksimale styrke (1RM) i øvelsene knebøy og benkpress. De gjennomgikk en kroppsanalyse (Tanita BC-601). Deres maksimale oksygenopptak (VO_2 maks) ble testet med apparatet Vyntus CPX. Etter testing fikk intervensjonsgruppene tildelt et 4-ukers treningsprogram. Etter fire uker ble deres 1RM testet igjen, for å oppdatere motstanden til et nytt 4-ukers treningsprogram.

RESULTAT: Det ble funnet statistisk signifikante økninger hos begge treningsgruppene i øvelsene knebøy og benkpress. Gruppen som trente cluster (CSG) fikk en økning på 28.6 ± 3.7 kg, $p = 0.002$ og $d = 0.83$ i øvelsen knebøy. CSG økte med 7.4 ± 1.5 kg, $p = 0.008$ og $d = 0.22$ i øvelsen benkpress. Den tradisjonelle styrketreningsgruppen (TSG) økte med 30 ± 1.92 kg, $p = 0.001$ og $d = 1.13$ i øvelsen knebøy. TSG økte med 9.75 ± 1.38 kg, $p = 0.006$ og $d = 0.34$ i øvelsen benkpress. Kontrollgruppen økte med 10.25 ± 6.9 kg, $p = 0.235$ og $d = 0.33$ i øvelsen knebøy og 4.4 ± 1.5 kg, $p = 0.043$ og $d = 0.16$ i øvelsen benkpress. TSG og CSG opplevde en nedgang i det maksimale oksygenopptaket. CSG fikk en reduksjon på -1.26 ± 0.53 ml/kg/min, $p = 0.078$ og $d = 0.42$. TSG målte en reduksjon på -0.8 ± 0.9 ml/kg/min, $p = 0.441$ og $d = 0.196$. Kontrollgruppen opplevde ingen endring. Muskelmassen til TSG og CSG ble redusert fra pretest til posttest. CSG opplevde en nedgang på -0.46 ± 0.87 kg, $p = 0.624$ og $d = 0.02$. TSG fikk en nedgang på -0.6 ± 0.9 kg, $p = 0.554$ og $d = 0.04$.

KONKLUSJON: TSG og CSG opplevde en signifikant økning i benkpress og knebøy. Deres maksimale styrke har økt i stor grad i øvelsen knebøy. Kontrollgruppen hadde en mindre økning i begge øvelsene sammenlignet med TSG og CSG. Ingen av intervensjonsgruppene fikk en økning i muskelmasse eller muskelhypertrofi. Den viktigste årsaken til økning i maksimal styrke er forbedringer i nervesystemet. Evnen til å rekruttere motoriske enheter er en forklaring på økningen. Løftehastigheten til TSG forbedret seg i svært stor grad fra første til siste økt. Denne forbedringen ble ikke funnet hos CSG. En av årsakene er at CSG trente med tyngre motstand i alle øktene.

Innholdsfortegnelse

MASTEROPPGAVE	1
Forord	2
Sammendrag	3
Forkortelser	6
1 Innledning	7
1.1 Problemstilling.....	8
2 Teori	9
2.1 Styrketrening	9
2.1.1 Cluster	11
2.1.2 Tradisjonell/hypertrofi	12
2.2 Muskelens struktur og funksjon	12
2.2.1 Nervesystemet	14
2.3 Faktorer som påvirker muskelstyrke	15
2.3.1 Sentralnervesystemet	15
2.3.2 Muskelens tverrsnitt	16
2.3.3 Muskelarkitektur og vinkelsvingning.....	17
2.3.4 Muskellengde	17
2.3.5 Sammensetning av muskelfibre	18
2.3.6 Samspill mellom muskler.....	18
2.3.7 Tidligere erfaring og treningstilstand	18
2.4 Treningsprinsipper for styrketrening	19
2.4.1 Intensitet	19
2.4.2 Volum	19
2.4.3 Treningsfrekvens	19
2.5 Forbedringer ved styrketrening.....	19
2.5.1 Rekruttering av motoriske enheter	19
2.5.2 Muskelhypertrofi	20
2.5.3 Endokrine og hormonelle endringer	21
2.6 Utholdenhet	21
2.6.1 Maksimalt oksygenopptak (VO ₂ maks)	21
3 Metode	22
3.1 Studiedesign	22
3.2 Utvalg og rekruttering	22
3.3 Inklusjons- og eksklusjonskriterier	23
3.4 Forsøksprotokoll.....	23

3.6 Målemetoder	25
3.7 Testprosedyrer	26
3.7.1 Tilvenning	26
3.7.2 Utholdenhetstest (Bruce Protocol)	26
3.7.3 Styrketester (benkpress og knebøy).....	27
3.7.4 Oppvarmingsprotokoll styrketrening	30
3.7.5 Treningsforberedelse til hver økt	30
3.8 Databehandling og analyser	31
3.8.1 Databehandling	31
3.9 Forskningsetiske vurderinger	31
4 Resultater	32
4.1 Maksimal styrke (6RM) og maksimalt oksygenopptak (VO ₂ maks).....	32
4.2 Antropometriske data	35
4.3 Treningsdata og løftehastighet	38
5 Diskusjon	40
5.1 Metodiske betraktninger.....	40
5.1.1 Gjennomføring av testene.....	40
5.1.2 Treningene.....	44
5.2 Maksimal styrke.....	45
5.2.1 Teknikk.....	48
5.2.2 Forbedringer i nervesystemet	51
5.4 Antropometriske målinger	55
5.5 Maksimalt oksygenopptak	56
6 Konklusjon	57
Litteraturliste	58
Figurer og tabeller	67
Tabelloversikt	67
Figuroversikt.....	68
Vedlegg	69
Vedlegg 1	70
Vedlegg 2	71
Vedlegg 3	72
Vedlegg 4	73

Forkortelser

1RM	1 repetisjon maksimum
6RM	6 repetisjoner maksimum
HF	Hjertefrekvens
VO ₂ maks	Maksimalt oksygenopptak (ml/kg/min)
<i>d</i>	Effektstørrelse
P	Signifikansnivå
SD	Standardavvik
SEM	Standardfeil
TSG	Tradisjonell/hypertrofi styrketreningsgruppe
CSG	Cluster styrketreningsgruppe
CG	Kontrollgruppe

1 Innledning

Det forskes i det vide og det brede på effekten styrketrening har. Forskning og individer søker etter å finne styrketreningsmetoder som gir det lille ekstra i styrke. De som konkurrerer, ønsker et fortrinn over sine konkurrenter. Det søkes etter fordeler og ulemper ulike metoder har for kroppslige faktorer. En gang iblant kommer det nye styrketreningsmetoder som utfordrer den etablerte kunnskapsbasen. Clustertrening er en slik styrketreningsmetode (Tufano, Brown & Haff, 2016). Hovedkonseptet bak clustertrening er å ha pauser innimellom settene, mellom mindre sett av et gitt antall repetisjoner (Tufano, Brown & Haff, 2016). Målet er å ta fokuset bort fra blant annet metabolsk stress, og heller sørge for at hver enkelt repetisjon gjennomføres med minst mulig utmattelse i muskulaturen. Repetisjonene skal utføres så hurtig som mulig i den konsentriske fasen. En del forskning viser at det ikke er nødvendig å trene til utmattelse for å utvikle maksimal styrke (Tufano, Brown & Haff, 2016; Drinkwater, Lawton, McKenna, Lindsell, Hunt & Pyne, 2007; Folland, Irish, Roberts, Tarr & Jones, 2002). Derfor tenkes det at clustertrening kan være en god treningsmetode for å oppnå et stort volum uten muskulær utmattelse. Siden clustertrening er en relativt ny styrketreningsmetode, er det begrenset med forskning på langtidseffekten den har på blant annet maksimal muskelstyrke. Det er vanlig for studier å se på akutte kroppslige responser til clustertrening og trening med ulik pause mellom sett (Boullosa, Abreu, Beltrame & Behm, 2013; Rossi, Gerosa-Neto, Zanchi, Cholewa & Lira, 2016). Blant studiene som har sett på langtidseffekt, er det funnet at clustertrening i større grad forbedrer den maksimale kraften og hurtigheten til repetisjonene (Morales-Artacho, Padial, Garcia-Ramos, Perez-Castilla & Feriche, 2017). Den samme studien fant at gruppen som trente tradisjonell styrketrening hadde en litt større økning i maksimal styrke enn clustergruppen.

Det er nødvendig å utforske flere variasjoner av clustertrening, der lengden på pauser mellom repetisjoner og sett varieres. Det totale volumet må også utforskes. Det bør undersøkes om flere variasjoner av clustertrening er bedre til å bygge kraftutvikling og hurtighet i muskulaturen, og hvordan de påvirker den maksimale styrken. Behovet for å utforske clustertrening er stort. At metoden kan sammenlignes med tradisjonell styrketrening vil gi et grunnlag for å si noe om eventuelle forskjeller metodene har på kroppslige faktorer. Hensikten med denne oppgaven er å se hvordan to ulike styrketreningsmetoder påvirker faktorer som maksimal muskelstyrke (1RM), antropometriske faktorer, maksimalt oksygenopptak (VO_2 maks) og løftehastighet. Data som brukes i denne oppgaven kommer fra et større prosjekt ledet av to ansatte ved Universitetet i Stavanger, to bachelorstudenter og én masterstudent. Formålet med prosjektet var å se hvordan de to styrketreningsmetodene

påvirket faktorer som muskelstyrke, muskelmasse, hurtighet, spenst, utholdenhet og løftehastighet.

Denne oppgaven begrenses til å se på hvordan tradisjonell hypertrofitrening og cluster trening hver for seg påvirker muskelstyrke, muskelmasse, løftehastighet og utholdenhet. Hurtighet og spenst ses ikke på i denne oppgaven på grunn av for stort omfang. Det understrekes at det hadde vært interessant å koble disse variablene opp til de forskjellige styrketreningsmetodene. Målet er å kunne dokumentere eventuelle effekter av disse treningsmetodene. Derfra kan det bestemmes hvilken av metodene som er gunstigst for å trene forskjellige egenskaper.

1.1 Problemstilling

Hensikten med oppgaven er å undersøke hvordan cluster trening og tradisjonell hypertrofitrening påvirker kroppslige faktorer. Følgende hovedproblemstilling er lagt til grunn:

- *Vil cluster trening og hypertrofitrening endre kroppslige faktorer på forskjellige måter?*

Videre stilles det følgende underproblemstilling:

- *Kommer cluster treningen til å skape større forbedringer i antropometriske målinger, maksimal muskelstyrke, maksimalt oksygenopptak og maksimal løftehastighet enn tradisjonell hypertrofitrening?*

0-hypotese

- *De to ulike styrketreningsmetodene påvirker ikke ulike kroppslige faktorer på forskjellige måter.*
- *Cluster trening skaper ikke større forbedringer i antropometriske målinger, maksimal muskelstyrke, maksimalt oksygenopptak og løftehastighet.*

2 Teori

2.1 Styrketrening

Styrketrening defineres som trening som utvikler eller vedlikeholder evnen til å skape størst mulig kraft ved en spesifikk løftehastighet (Raastad et al., 2010, s. 13). Bakgrunnen for styrke ligger i den maksimale kraften en muskel kan skape ved en gitt hastighet (Raastad et al., 2010, s. 13). Derfor er det vanlig å knytte styrketrening til trening som øker den maksimale vekten en muskel klarer å løfte én gang (1RM). Styrketrening rammer derimot et bredere spektrum enn kun maksimal styrke. Den tidligere definisjonen nevnte hastighet, også kalt løftehastighet, som en viktig del av styrketrening. Løftehastigheten vil være med å bestemme hva målet med en spesifikk styrketreningsmetode er. Dersom målet er å klare å løfte den største mulige motstanden i én repetisjon er det snakk om maksimal styrketrening. Løftehastigheten vil i disse tilfellene være treg. Kontraksjonen vil foregå saktere ved 1RM enn for eksempel 12RM. Størst mulig kraft skapes ved langsomme muskelkontraksjoner, og maksimal styrke vil derfor foregå ved langsomme bevegelser (Raastad et al., 2010).

Ved hurtige løftehastigheter og kontraksjoner defineres styrketreningen som eksplosiv (Raastad et al., 2010). Målet med eksplosiv styrketrening er å utvikle størst mulig kraft ved så liten forkortningshastighet som mulig. Løftehastigheten skal med andre ord være så hurtig som mulig. Den maksimale kraften som kan skapes innen eksplosiv styrke bestemmes dermed av raske forkortningshastigheter, mens den for maksimal styrke bestemmes av langsomme forkortningshastigheter (Raastad et al., 2010, s. 15).

Målet med ulike måter styrketrening vil derfor være å skape maksimal styrke, eksplosiv styrke og å utvikle stor effekt i en gitt bevegelsesbane (Raastad et al., 2010, s. 15). Hvordan styrketreningen gjennomføres er med på å bestemme eventuelle funksjonelle endringer som oppnås. Dette er basert på blant annet motstand, intensitet, volum og treningsfrekvens (Raastad et al., 2010, s. 15). Styrketrening kan foregå med alt fra 100% av 1RM til 0% av 1RM (Raastad et al., 2010, s. 122). Det er vanlig å dele styrketrening inn i fire ulike typer trening: Hypertrofi, maksimal styrke, eksplosiv styrke og utholdende styrke. Det som er felles for alle metodene er at de bestemmes av motstand, antall repetisjoner, antall sett, pause mellom sett, serier per øvelser, øvelse per muskelgruppe og treningsfrekvens. Basert på alle disse variablene vil treningen føre til forskjellige fysiologiske endringer.

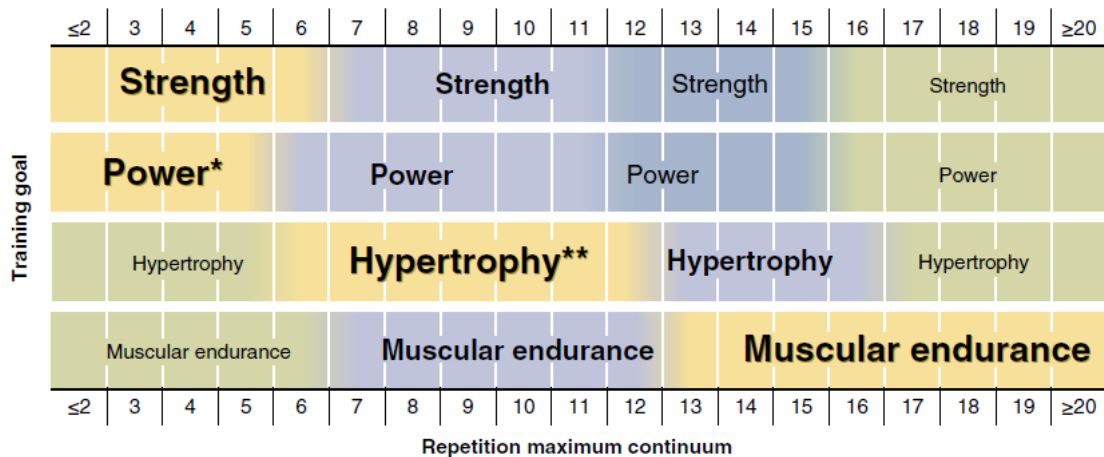
Tabell 2.1: Tabellen viser generelle egenskaper ved ulike styrketreningsmetoder. Hentet og inspirert fra Raastad et al. (2010, s. 123).

Type trening	Motstand (% av 1RM)	Reps	Pause (min)	Serier per øvelse	Øvelser per muskelgruppe	Frekvens per uke
Hypertrofi	60-85	6-15	1-3	1-4	1-5	1-3
Maksimal styrke	70-85	1-8	1-3	1-8	1-4	2-3
Eksplisiv styrke	0-50	1-5	>3	2-8	1-3	2-4
Muskulær utholdenhet	20-60	>15	0-2	1-4	1-4	1-3

Tabell 2.1 viser en generell og forenklet oversikt over de vanligste styrketreningsmetodene. Det kan trenes med store variasjoner for hver metode basert på erfaringsnivå, treningsstatus og mål ved treningen. Innenfor hver enkelt metode finnes det flere prinsipper som kan tas i bruk for å oppnå forskjellige fysiologiske endringer. Tabell 2.2 viser en kondensert og mer presis versjon av hvordan motstand og repetisjoner påvirker musklenes utvikling. Figur 2.1 viser hvordan ulike repetisjoner er med på å påvirke hypertrofi, maksimal styrke, eksplosiv styrke og muskulær utholdenhet.

Tabell 2.2: Tabellen viser en forenklet versjon av tabell 2.1. Den viser hva motstanden (% av 1RM) og antall repetisjoner bør være for å trene de ulike egenskapene. Fra «*Program Design for Resistance Training*» av J. M. Sheppard & N. T. Triplett, 2016, I «*Essentials of Strength Training and Conditioning*» av G. G. Haff & N. T. Triplett (Red.), 2016, s. 458.

Training goal	Load (%1RM)	Goal repetitions
Strength*	≥85	≤6
Power:**		
Single-effort event	80-90	1-2
Multiple-effort event	75-85	3-5
Hypertrophy	67-85	6-12
Muscular endurance	≤67	≥12



Figur 2.1 Figuren viser hvordan antall repetisjoner påvirker faktorer som maksimal styrke, hypertrofi, eksplosiv styrke og utholdende styrke. Dette må ses i sammenheng med % av 1RM. Fra «*Program Design for Resistance Training*» av J. M. Sheppard & N. T. Triplett, 2016, I «*Essentials of Strength Training and Conditioning*» av G. G. Haff & N. T. Triplett (Red.), 2016, s. 457.

2.1.1 Cluster

Styrketreningsmetoden cluster er en metode som ønsker å redusere forekomsten av utmattelse og dermed opprettholde høy hastighet i løftebevegelsene (Morales-Artacho et al., 2017, s. 2). Tanken er at dette vil øke muskelens evne til kraftutvikling. Metoden introduserer korte pauser mellom grupper (cluster) av repetisjoner innenfor et sett ((Morales-Artacho et al., 2017, s. 2). Trening ved clustersett kan settes opp slik at utøveren gjennomfører 2 repetisjoner med 10 sekunders mellomrom, og gjentar dette fem ganger. I alt skal utøveren gjennomføre 4 sett, der pausen mellom settene er på 50 sekund. Clustersett skiller seg dermed fra tradisjonell styrketrening ved at grupper av repetisjoner deles opp med pauser, slik at hvert vanlige sett har en rekke mindre sett. Det er derimot vanlig at lengden på pauser mellom sett er kortere enn ved tradisjonell hypertrofitrening. Siden cluster trening er en relativt ny treningsmetode innen styrketrening, er det begrenset med forskning på langtidseffekten av metoden. Likevel er det vist at cluster trening kan forbedre både kraftutvikling og løftehastighet i forhold til mer tradisjonell styrketrening ((Morales-Artacho et al., 2017, s. 11).

Clustersett introduserer flere typer pause mellom sett og repetisjoner. Pausene mellom hele sett, bestående av alle repetisjonene innenfor settet, kalles intersett pause (Tufano, Brown & Haff, 2016, s. 850). Dette er det som typisk kalles pause mellom sett, og brukes i alle former for styrketrening. Pause i form av intrasett forklares som pausene mellom gruppene eller cluster av enkelte repetisjoner innenfor et sett (Tufano, Brown & Haff, 2016, s. 850). Dersom et sett består av 10 repetisjoner, kan intrasettpausen komme etter 2 repetisjoner. Dette

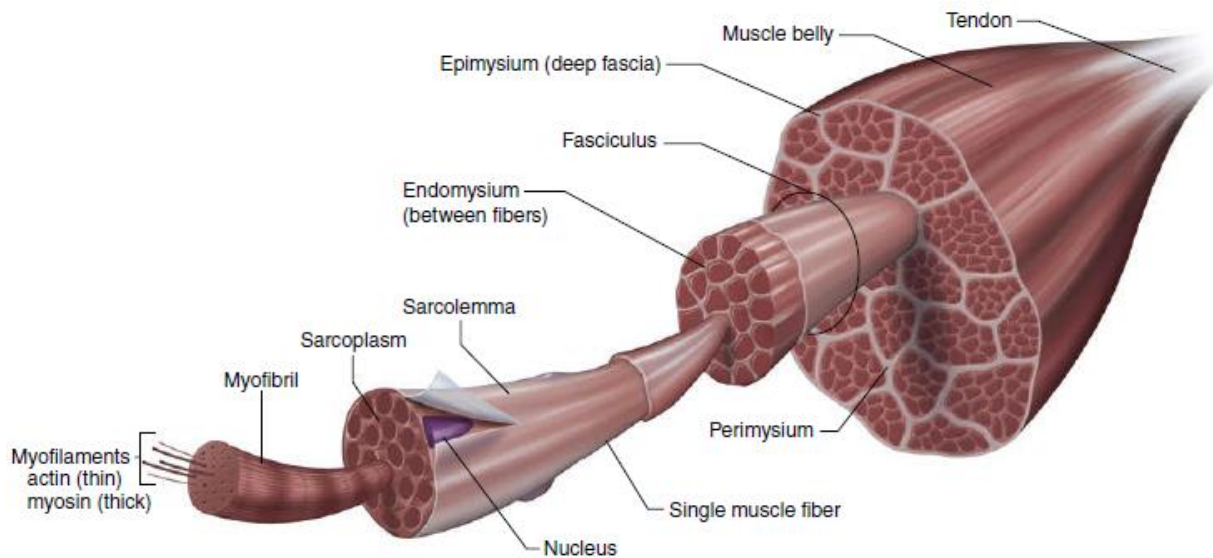
gjentas for hver 2. repetisjon. Et sett kan dermed bestå av 5 intrasettpauser dersom det totale antall repetisjoner per sett er 10, og det tas en pause for hver 2. repetisjon. Innenfor clustertrening finnes det også variasjoner der det tas pause mellom hver repetisjon (Tufano, Brown & Haff, 2016). Dette kalles for interrepetisjonspause. Det er vanlig å bruke intersettpauser sammen med enten intrasettpauser eller interrepetisjonspauser (Tufano, Brown & Haff, 2016).

2.1.2 Tradisjonell/hypertrofi

Tradisjonell styrketrening har et mål om å øke tverrsnittet på muskulaturen gjennom muskelhypertrofi (Hather, Tesch, Buchanan & Dudley, 1992; McDonagh & Davies, 1984; Raastad et al., 2010, s. 121-131). Tabell 2.1 viser at hypertrofisk styrketrening beholder motstanden et sted mellom 60-85% av 1RM. Repetisjonene vil derfor variere fra 6-15 per sett. Pausene vil ligge et sted mellom 1-3 min, og inneholde 1-4 sett per øvelse. En treningsøkt vil inneholde 1-5 øvelse per muskelgruppe, og treningen skjer 1-3 ganger i uken. Dersom treningen ligger innenfor disse variablene vil muskelhypertrofi oppnås (Schoenfeld & Grgic, 2017; American College of Sports Medicine, 1990). Målet med metoden er å oppnå en balanse av metabolsk og mekanisk stress for å stimulere til muskelvekst og økning av muskeltverrsnitt (Schoenfeld & Grgic, 2017). Det påpekes at stort nok volum er nødvendig for å oppnå hypertrofi i muskelen. I studier der det ikke er målt økt muskeltverrsnitt som følge av hypertrofisk styrketrening konkluderes det med at volumet ikke var høyt nok (Schoenfeld & Grgic, 2017; Montero & Lundby, 2017).

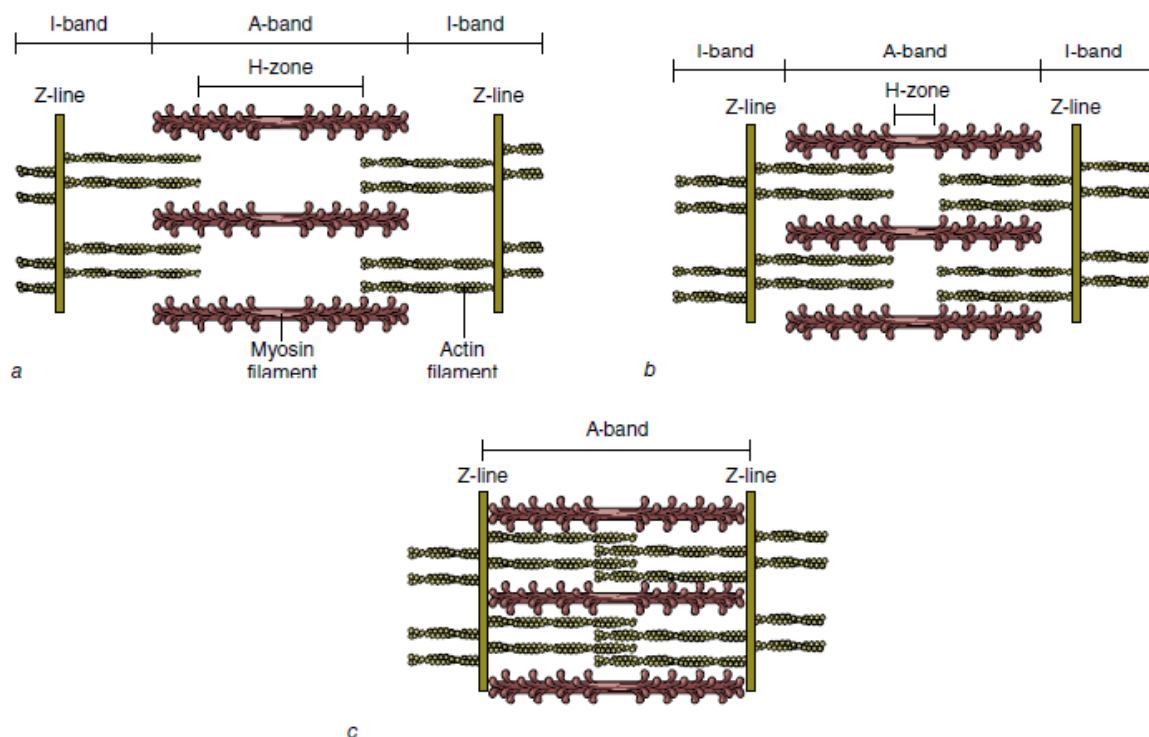
2.2 Muskelens struktur og funksjon

En muskel består av både skjelettmuskelfibre og bindevev (Dahl & Rinvik, 2012, s. 219). Det er disse muskelfibrene som gjør at den kan kontrahere, eller trekke seg sammen. Bindevevet overfører kraften muskelfibrene skaper, slik at bevegelse kan oppnås. Hver muskelfiber er dekket av en bindevevshinne som kalles edomysium. Dette bindevevet er med på å frakte blod til og fra muskelfibrene ved bruk av et stort kapillærnettverk. Flere av disse individuelle muskelfibrene er dekket av perimysium, som er et sterkere bindevev. Årer og nerver går gjennom dette bindevevet videre inn i fibrene. Alle muskelfibrene samlet danner dermed muskelbuen, som er omringet av bindevevet epimysium. Inne i hver muskelfiber finnes det mindre bunter som kalles myofibriller. Disse er igjen dannet av små myofilamenter som kalles aktin og myosin. Det er aktinet og myosinet som skaper bevegelse i muskulaturen.



Figur 2.2 Figuren viser den overordnede oppbyggingen av en muskel. Det er myofilamentene aktin og myosin som er ansvarlige for musklens kontraksjonsevne. Fra «*Structure and Function of Body Systems*» av N. T. Triplett, 2016, I «*Essentials of Strength Training and Conditioning*» av G. G. Haff & N. T. Triplett (Red.), 2016, s. 4.

For at en muskel skal kunne kontrahere, må den gjennom flere steg. Først må ATP splittes slik at myosinet kan få energi til å bevege seg og skape kontakt med aktinet (Triplett, 2016, s. 9). Etter dette deles ATP opp slik at fosfatet frigis, som gjør at myosinet endrer form. Dette fører til at aktinet trekkes mot senteret av sarkomeren og ADP utløses. En kontraksjon er dermed fullført. Etter dette løser myosinet seg fra aktinet, og prosessen kan gjentas. Dette skjer ved hver muskelkontraksjon.



Figur 2.3 Figuren viser prosessen i en muskelkontraksjon. Ved a er muskelen i en hvileposisjon. Det er lite kontakt mellom myosinet og aktinet. Ved b har muskelen begynt å kontrahere. Det er kontakt mellom aktinet og myosinet. Båndene trekkes sammen, og det er mulighet for stor kraftutvikling på grunn av gode tverrbroer. Til slutt viser c en muskel i full kontraksjon. Fra «*Structure and Function of Body Systems*» av N. T. Triplett, 2016, I «*Essentials of Strength Training and Conditioning*» av G. G. Haff & N. T. Triplett, 2016, s. 7.

2.2.1 Nervesystemet

Nervsystemet har en sentral rolle for musklens funksjonalitet og evne til å kontrahere. Det er takket være signaler sendt gjennom nervesystemet at en muskel kan bevege seg. I nervesystemet finnes det små motoriske enheter. En motorisk enhet består av et motorneuron og de muskelfibrene den aktiverer (Triplett, 2016, s. 5). En slik motorisk enhet sender et aksjonspotensial (et elektrisk signal) gjennom nerver til muskulaturen. Det elektriske signalet i seg selv klarer ikke å påvirke muskulaturen direkte. Det klarer likevel å påvirke kjemiske stoffer, blant annet kalsium. Når nervesignalet kommer frem til den nevromuskulære endestasjonen blir sarkolemma aktivert. Derfra blir det frigjort acetylocholine, som skaper kontrahering i muskelen (Triplett, 2016, s. 8-9). Den gjør dette ved å skape en depolarisering som frakter salt ut og kalsium inn i muskelfibrene (Kuo & Ehrlich, 2015). Det skapes dermed et positivt miljø og et aksjonspotensial som stimulerer inntak av kalsium (Kuo & Ehrlich, 2015). Inne i sarkolemma frigjøres kalsium, som er nødvendig for å skape muskelkontraksjon (Kuo & Ehrlich, 2015).

Raastad et al. (2010) skriver at aksjonspotensialene er med å bestemme økningen av kalsium i cytosol. Dersom aksjonspotensialene fyrer ofte og med tette mellomrom, vil det slippes ut mer kalsium fra sarkoplasmatiske retikulum enn det som forsvinner (Raastad et al., 2010, s. 29). Det blir dermed en kumulativ økning av kalsium i cytosol. Viktigheten av denne økningen av kalsiumkonsentrasjon ligger i at den er med på å bestemme spenningen til en muskelfiber. Kalsium fører til at myosinet kan binde seg til aktinet. Dermed kan de trekke seg sammen, som fører til en kontraksjon i muskelen.

2.3 Faktorer som påvirker muskelstyrke

2.3.1 Sentralnervesystemet

Muskelstyrke påvirkes av flere faktorer, der noen av dem er biomekaniske (McBride, 2016, s. 30). Den første som nevnes, er nervesystemet (McBride, 2016, s. 30). Den maksimale styrken en muskel kan utøve bestemmes i stor grad av hvor mange motoriske enheter en muskel rekrutterer (McBride, 2016, s. 30; Raastad et al., 2010, s. 28-29). Sentralnervesystemet bestemmer graden av aktivering av de motoriske enhetene i en muskel (Raastad et al., 2010, s. 19). Nervesystemet bestemmer i tillegg fyringsfrekvensen, som er sentral i hvor stor kraft en muskel kan utøve. Dersom en muskel skal utføre et arbeid, vil ulike motoriske enheter kobles inn basert på arbeidskravet. Hvis muskelen skal utføre et muskelarbeid med lite kraft, rekrutteres få motoriske enheter. De vil i tillegg i stor grad bestå av type 1-enheter (Raastad et al., 2010, s. 28-29). Ved et større og mer krevende arbeid vil flere enheter rekrutteres, samtidig som det vil være flere type 2-enheter. Ifølge Raastad et al. (2010, s. 29) vil en muskel kun oppnå 80% kraft ved hjelp av antall rekrutteringer. For å oppnå 100% kraft er det nødvendig å øke fyringsfrekvensen. Kraften en muskel kan skape er dermed større når flere motoriske enheter involveres, når enhetene er av type 2, og når fyringsfrekvensen er raskere (McBride, 2016, s. 30).

Vecchio et al. (2019) fant i sin studie at kun 4 ukers styrketrening økte fyringsfrekvensen og reduserte kraften nødvendig for å rekruttere motoriske enheter. De motoriske enhetene fyrer dermed raskere og aktiveres tidligere i en kontraksjon. Disse forbedringene i sentralnervesystemet er en viktig årsak til at nybegynnere ofte ser raske økninger i styrke (McBride, 2016, s. 30; Raastad et al., 2010).

2.3.1.1 Motoriske enheter og fyringsfrekvens

Evnen til å rekruttere og aktivere motoriske enheter er en viktig faktor for maksimal muskelstyrke (Raastad et al., 2010; Sale, 1988). Gjennom styrketrening forbedres nervesystemets kontroll over de motoriske enhetene, slik at de kan aktiveres i større grad

(Sale, 1988). Evnen til å koordinere de ulike musklene i en øvelse spiller en viktig rolle i forbedringen av maksimal styrke (Raastad et al., 2010; Sale, 1988). Maksimal kraftutvikling henger sammen med aktiveringen av de ulike muskelfibrene. Ved lavt kraftbehov aktiveres først og fremst type I fibre, der type II fibre kobles inn etter økende kraftbehov (Raastad et al., 2010; Farina et al., 2002).

2.3.2 Muskelens tverrsnitt

Når det gjelder langsomme muskelkontraksjoner er det tverrsnittet på muskelen som har størst betydning for kraftutviklingen (Raastad et al., 2010, s. 20). Rønnestad, Hansen & Raastad (2010) fant at det var en sterk sammenheng mellom økning i muskeltverrsnitt i lårmuskulaturen og kraftutvikling hos veltrente syklister. Raastad et al. (2010, s. 20) påpeker at det er muskeltverrsnittet på det største området som bestemmer styrken ved maksimal aktivering. Muskeltverrsnitt er annerledes fra muskelvolum. Et økt muskelvolum fører ikke til den samme styrken som et økt muskeltverrsnitt (McBride, 2016, s. 30).

Det er den største delen av muskeltverrsnittet som bestemmer styrken (Raastad et al., 2010, s. 20; Dahl & Rinvik, 2012, s. 223). Muskelens tverrsnitt bestemmes av størrelsen på alle muskelfibrene (Dahl & Rinvik, 2012, s. 223). Størrelsen av disse blir blant annet påvirket av antall sarkomerer som ligger parallelt med hverandre (Dahl & Rinvik, 2012, s. 223; Raastad et al., 2010). Et stort muskeltverrsnitt vil derfor føre til at muskelen kan utvikle større kraft. Et viktig skille her, er at forkortningshastigheten til muskelen ikke påvirkes av muskeltverrsnittet. For at forkortningshastigheten skal økes, er det nødvendig med en økning av sarkomerer i serie (Dahl & Rinvik, 2012, s. 223). Dette betyr i praksis at muskelfibrene blir lenger, ikke tykkere.

Raastad et al. (2010, s. 20) viser til et viktig moment når de skriver at tverrsnittarealet er den viktigste faktoren for maksimal kraftutvikling ved langsomme forkortningshastigheter. Nøkkelordet er langsomme. En studie undersøkte forskjellene mellom olympiske vektløftere, kroppsbyggere og styrkeløftere rundt faktorer som tverrsnittareal rundt lår og styrke i øvelsen knebøy (Di Naso et al., 2012). De fant at muskeltverrsnittet spilte en minimal rolle for styrken i øvelsen knebøy mellom de tre gruppene. De olympiske vektløfterne og styrkeløfterne hadde en større maksimal styrke i øvelsen knebøy enn kroppsbyggerne. Det ble ikke målt en signifikant forskjell mellom tverrsnittareal mellom gruppene. Muskeltverrsnittet er dermed ikke årsaken til at to av gruppene hadde betydelig større styrke enn kroppsbyggerne (Di Naso et al., 2012). En av årsakene som knyttes til dette, er at gruppen med olympiske vektløftere var mye yngre enn de andre gruppene, og derfor hadde bedre nevrologisk plastisitet enn de

eldre utøverne i de andre gruppene (Di Naso et al., 2012, s. 54). Øvelsen er i tillegg karakterisert av raske muskelbevegelser, noe kroppsbyggerne ikke trener til vanlig. Poenget til Raastad et al. (2010) blir dermed stående. Tverrsnittet er viktigst ved langsomme forkortningshastigheter, ikke hurtige. Ved hurtige forkortningshastigheter vil nervesystemet og dets tilpasning ha større betydning (Di Naso et al., 2012).

2.3.3 Muskelarkitektur og vinkelsvingning

Kroppens ulike muskler har en stor rekkevidde i hvor stor maksimal kraft de kan utvikle. Denne kraften strekker seg fra 16-100 N/cm² (McBride, 2016, s. 30-31). En liten muskel som m. biceps brachii vil skape betydelig mindre kraft enn en stor muskel som m. quadriceps (Raastad et al., 2010, s. 20). Vinkelen på muskelfibrene spiller en viktig rolle i hvilket område og hvilken bevegelse muskelen kan utvikle kraft. Disse vinklene er modifiserbare gjennom trening, og er derfor en av forklaringene til at to personer med lik muskelstørrelse kan utvikle ulik kraft. En muskel med større vinkelsvingning har flere sarkomer i parallell, og kan derfor skape større kraft (McBride, 2016, s. 30). Ulempen med en stor vinkel er at hastigheten på kontraksjonen er lavere. En person med stor vinkelsvingning vil ha fordel når det er snakk om langsomme muskelkontraksjoner der målet er å skape mest mulig kraft (McBride, 2016, s. 30-31). Den med lavere vinkelsvingning vil ha fordel dersom målet er å skape rask, maksimal hastighet. Muskler med lavere vinkelsvingning har flere sarkomer i serier (McBride, 2016, s. 30). Raastad et al. (2010, s. 22) påpeker at selv om en muskel med større vinkelsvingning og skråstilling av muskelfibrene kan skape stor kraft, vil den ha et mindre, innsnevret område der den kan utvikle kraft. Samtidig er forkortningshastigheten lavere.

2.3.4 Muskellengde

Muskellengden har mye å si for hvor stor kraft en muskel kan skape. Årsaken ligger i statusen på overlappet mellom aktin- og myosinfilamentene i sarkomerene (Raastad et al., 2010, s. 25). Dersom dette overlappet kommer for sent, vil det være færre aktive tverrbroer ved den maksimale aktivering av muskelen. Dermed skapes det mindre kraft, og vil i praksis si at muskelen ikke klarer å løfte en like stor motstand som ved full aktivering av tverrbroene. Dersom avstanden fra muskel- og senefeste til momentarmene (ledd) er kort, vil muskelen måtte bruke mer kraft for å løfte samme motstand i forhold til der avstanden er lengre. En annen måte å si det på, er at tverrbroene reduseres når muskelen kontraherer utover hvileposisjon (McBride, 2016, s. 31). Færre aktin- og myosinfilament ligger ved siden av hverandre, det er færre tverrbroer og aktinfilamentene overlapper, som reduserer muskelens evne til å skape kraft (McBride, 2016, s. 31).

2.3.5 Sammensetning av muskelfibre

En muskels fibertypesammensetning vil være med å bestemme hvilke egenskaper den har (Raastad et al., 2010; Polla, D'Antona, Bottelini & Reggiani, 2004, s. 808-809). Generelt finnes det tre typer muskelfibre som deles inn i type I, type IIA og type IIX (Polla, D'Antona, Bottelini & Reggiani, 2004, s. 808). Hver av disse fibrene kan skape ulik kraft ved forskjellige forkortningshastigheter (Raastad et al., 2010, s. 23). Type I er langsomme muskelfibre som kjennetegnes av treg forkortningshastighet ved maksimal ytelse. Endring av retning og muskelkraft foregår langsomt, samtidig som fibrene bruker lang tid til å nå utmattelse (Polla, D'Antona, Bottelini & Reggiani, 2004, s. 809). Type II har derimot en hurtig forkortningshastighet ved maksimal ytelse, og kan endre retning og muskelkraft hurtig. Disse fibrene oppnår utmattelse i større grad enn type I-fibre. Type I og type II har ulik motstand til utmattelse ettersom de har forskjellige metabolske egenskaper (Polla, D'Antona, Bottelini & Reggiani, 2004, s. 808). Fibrene deles inn i disse gruppene basert på myosinets egenskaper. Hos normale personer er det relativt liten forskjell i kraftutviklingen til en muskel uavhengig av hvilke fibre den er sammensatt av. Det måles stor forskjell i kraftutvikling mellom muskelfibre når forkortningshastigheten er høy (Raastad et al., 2010, s. 23). I praksis betyr dette at muskler med større andel type II-fibre kan danne betydelig større kraft. En muskel med større andel type I-fibre vil skape mindre kraft selv om den har samme tverrsnitt og maksimale styrke som den med flest type II-fibre (Raastad et al., 2010, s. 23). Dette vil si at type I- og type II-fibre er relativt like i kraftutvikling når forkortningshastigheten er lav, men svært ulike når forkortningshastigheten er høy.

2.3.6 Samspill mellom muskler

Musklers evne til å utvikle maksimal kraft og styrke avhenger dels av dens samspill med agonister, synergister og antagonister (Raastad et al., 2010, s. 32). Muskler med navn agonist og synergist samarbeider for å skape størst mulig kraft i en kontraksjon. Antagonister er muskler som motarbeider agonister og synergister, og ligger dermed på andre siden av leddet (Raastad et al., 2010, s. 32).

2.3.7 Tidligere erfaring og treningstilstand

En persons treningstilstand og tidligere erfaring med styrketrening vil påvirke hvordan kroppen responderer til trening (Raastad et al., 2010). Personer uten tidligere erfaringer fra styrketrening vil kunne oppleve stor framgang relativt raskt som følge av nervøs tilpassing og forbedret løfteteknikk (Raastad et al., 2010; Haff & Triplett, 2016).

2.4 Treningsprinsipper for styrketrening

2.4.1 Intensitet

Intensiteten i styrketrening defineres ut fra en prosentandel av 1 repetisjon maksimum (% av 1RM) (Raastad et al., 2010, s. 108; Schoenfeld, 2010). Trening ved 70% av 1RM betyr dermed at motstanden ved alle repetisjoner er 70% av det individet klarer å løfte én gang. Alternativt kan intensiteten defineres som 10RM, som vil være den vekt/motstand individet klarer å løfte 10 ganger (Raastad et al., s. 108). Det er vanlig å øke intensiteten etter et par uker med systematisk trening. Dette kalles progresjon, og er viktig for å opprettholde fremgang i muskelvekst og muskelstyrke.

2.4.2 Volum

Volum kan defineres som totalbelastningen i en treningsøkt (Krieger, 2010).

Totalbelastningen regnes ut basert på antall sett og repetisjoner, og vekten/motstanden disse gjennomføres med (Schoenfeld, 2010; Krieger, 2010). To personer som trener med 10 repetisjoner og 4 sett vil ha ulikt volum dersom motstanden er forskjellig. Individet som trener med 50 kg vil ha et mindre volum enn personen som trener med 70kg. For å oppnå muskelhypertrofi er det nødvendig å ha stort nok volum på treningen (Krieger, 2010; Schoenfeld, 2010; Schoenfeld, Ogborn & Krieger, 2016). For å skape størst mulig muskelhypertrofi anbefales det at en muskelgruppe gjennomfører mer enn 10 sett per uke (Schoenfeld, Ogborn & Krieger, 2016).

2.4.3 Treningsfrekvens

Treningsfrekvensen bestemmer hvor ofte en person trener per uke. For hypertrofitrening er det vanlig å trene en muskelgruppe 1-3 ganger per uke (Raastad et al., 2010, s. 123; Wernbom, Augustsson & Thomee, 2007). For liten treningsfrekvens vil ikke skape en forbedring i muskelstyrke og muskelhypertrofi. Ved for stor treningsfrekvens vil ikke muskulaturen ha nok tid til å restituere seg, og overtrening kan forekomme (Schoenfeld, 2010; Schoenfeld, 2013).

2.5 Forbedringer ved styrketrening

2.5.1 Rekruttering av motoriske enheter

For utrente er det først og fremst nervesystemet som er årsaken til forbedringer i maksimal styrke gjennom styrketrening (Raastad et al., 2010; Sale, 1988; Moritani & deVries, 1979). Gjennom styrketrening tilpasses nervesystemet, slik at motoriske enheter enklere kan rekrutteres i gitte bevegelser (Sale, 1988). Etter styrketrening er det vanlig at evnen til å frivillig aktivere muskler øker som følge av forsterkede nervesignaler og økt fyringsfrekvens (Nuzzo, Barry, Jones & Taylor, 2017). Det er først og fremst en økt aktivering i agonistene

som fører til økningen i maksimal styrke (Nuzzo, Barry, Jones & Taylor, 2017). Effektiviteten til nervesystemet blir forbedret, og signalene sendes med større styrke, effektivitet og frekvens (Hong, Hong & Shin, 2014).

2.5.2 Muskelhypertrofi

For veltrente styrkeutøvere er det først og fremst en økning av muskelmasse og muskelhypertrofi som er årsaken til økninger i maksimal styrke (Raastad et al., 2010; Schoenfeld, 2013). En økning i muskelhypertrofi gir et økt tverrsnitt, som gir flere sarkomerer i parallell. Flere aktiner og myosiner kan derfor kobles sammen, slik at kontraksjonsevnen forbedres. For at styrkeutøvere skal øke muskeltverrsnittet, er det nødvendig med riktig trening, der spesielt volum spiller en stor rolle (Schoenfeld, 2010; Schoenfeld, 2013). Dersom volum ikke er stort nok, vil det ikke oppstå muskelhypertrofi. Muskelhypertrofi følger et dose-respons forhold til volum, som betyr at høyere volum gir høyere hypertrofi (Schoenfeld et al., 2019). En årsak til dette er at et høyt volum i større grad aktiverer muskelproteinsyntesen (Burd et al., 2010). Det er derimot usikkert hvor stort det totale volumet kan være, eller hva som er det optimale treningsvolumet for muskelhypertrofi (Schoenfeld et al., 2019). Mye forskning tyder på at et stort volum i større grad øker den maksimale styrken enn et lavere volum (Ralston, Kilgore, Wyatt & Baker, 2017). Schoenfeld et al. (2019) viser likevel til at flere av studiene som undersøker sammenheng mellom muskelhypertrofi, muskelstyrke og treningsvolum er åpne for type-II feil. Selv om muskelhypertrofi er en viktig årsak til økning i muskelstyrke, vil det hos utrente være forbedringer i nervesystemet som spiller størst rolle (Schoenfeld et al., 2019).

For å oppnå hypertrofi er det nødvendig å utsette muskelen for mekanisk spenning og metabolsk stress (Schoenfeld, 2010; Schoenfeld, 2013). Mekanisk spenning forekommer først og fremst når musklene arbeider eksentrisk. En slik spenning på muskulaturen er med på å øke mengden kontraktile proteiner, som gjør at muskelen vokser (Schoenfeld, 2010; Schoenfeld, 2013). Dette øker muskeltverrsnittet. En av studiene som har sett på rollen mekanisk spenning har i forhold til muskelvekst, viser at denne påvirkningen alene kan øke tverrsnittet i stor grad (Hornberger & Chien, 2006). Det metabolske stresset forekommer av forskjellige prosesser når muskulaturen arbeider med en mangel på oksygen (Schoenfeld, 2010; Schoenfeld, 2013). Melkesyrenivået øker, det blir lavere pH i muskulaturen, og det blir en økning av H⁺ (Herda & Cramer, 2016). Dette fører videre til at cellene blir hydrert i større grad, og at mer blod kommer inn i muskelfibrene (Schoenfeld, 2010).

2.5.3 Endokrine og hormonelle endringer

Hormonelle mekanismer spiller en viktig rolle for hva som skjer med muskulaturen som følge av styrketrening (Kraemer, Vingren & Spiering, 2016). Proteinsyntesen er avhengig av hormoner. Aktin og myosin kan arbeide sammen takket være flere anabole hormoner, blant annet insulin, veksthormon og testosteron (Kraemer, Vingren & Spiering, 2016).

Styrketrening påvirker flere prosesser slik at disse hormonene kan få større effekt (Kraemer, Vingren & Spiering, 2016). Hormoner sender signaler gjennom nervesystemet. Disse signalene går gjennom forskjellige reseptorer. Styrketrening er med på å forbedre signaloverføring fra hormoner til muskelfibrene, samt å øke antall reseptorer (Kraemer, Vingren & Spiering, 2016). Tung styrketrening fører til en økt konsentrasjon av hormoner, samtidig som det endokrine systemet blir mer sensitivt. Dette tillater en raskere og kraftigere muskelkontraksjon (Kraemer, Vingren & Spiering, 2016).

2.6 Utholdenhet

2.6.1 Maksimalt oksygenopptak (VO_2 maks)

Det maksimale oksygenopptaket (VO_2 maks) defineres som det høyeste oksygenopptaket (VO_2) en person kan oppnå ved nær maksimal ytelse (Basset & Howley, 2000, s. 80).

Oksygenopptaket måles i antall milliliter O_2 som tas opp per kg kroppsvekt per minutt, og forkortes som ml/kg/min (Basset & Howley, 2000). Det finnes flere begrensende faktorer for det maksimale oksygenopptaket (Basset & Howley, 2000). Overføringen av oksygen fra lungene til blodet er en av disse faktorene. Generelt sett vises det at godt utholdenhetstrete individer har en raskere overføring av oksygen til blodet enn utrente (Basset & Howley, 2000). Veltrente utholdenhetsutøvere kan utnytte mer av oksygenet i luften enn utrente (Powers, Lawler, Dempsey, Dodd & Landry, 1989).

3 Metode

Datainnsamling ble gjort fra september til desember 2017. Målet med denne oppgaven var å sammenligne styrketreningsmetodene cluster og tradisjonell/hypertrofi. Første års idrettsstudenter ved Universitetet i Stavanger (UiS) ble testet i maksimal styrke, maksimalt oksygenopptak, antropometriske målinger og løftehastighet. Resultatene ble sammenlignet mellom intervensjonsgruppene og kontrollgruppen.

3.1 Studiedesign

Dette prosjektet er en del av en randomisert, kontrollert studie som ønsket å sammenligne to ulike styrketreningsmetoder. Utvalget ble tilfeldig plassert i intervensjonsgruppene, cluster (CSG) og tradisjonell (TSG). Deltakerne i kontrollgruppen var de som spesifikt ønsket å være med på testdelene i studien, men som ville trene på egenhånd. Prosjektet ble godkjent av Norsk Senter for Forskningsdata (NSD) før rekruttering og datainnsamling startet (vedlegg 1).

3.2 Utvalg og rekruttering

For å undersøke problemstillingen ble idrettsstudenter ved Universitetet i Stavanger (UiS) rekruttert til å delta i prosjektet. Dette ble gjort av praktiske årsaker, blant annet fordi prosjektlederne underviste dem i enkelte fag. Dette gjorde gjennomføringen av prosjektet enklere. Utvalget bestod dermed av relativt aktive og trente individer. De fleste har drevet eller driver aktivt med idrett, og har en interesse for trening og aktivitet. Det var 18 personer som deltok i prosjektet, 10 gutter og 8 jenter. Alderen strakk seg fra 19-28 år. Individene meldte interesse i å delta etter å ha fått informasjon om studien fra prosjektlederne. De bestemte seg for å delta etter et informasjonsmøte der samtykkeskjema ble gjennomgått. Studentene fikk detaljert informasjon om prosjektet, at det var frivillig å delta og at de kunne trekke seg når som helst. Deltakelse ville ikke få noen konsekvenser for deres skolegang eller resultater i utdanningen. All data som blir brukt i prosjektet vises i anonym form, slik at de ikke kan knyttes til deltakerne. Lagring av data skjer uten bruk av etternavn og fødselsdato. Forsøkspersonene signerte samtykke (vedlegg 2) før datainnsamlingen begynte. Det var 14 personer som fullførte studien.

Tabell 3.1: Tabellen viser høyde, alder og vekt til de 14 personene som fullførte studien, fordelt i sine respektive grupper. Data viser gjennomsnitt og standardavvik (SD).

	Høyde (cm)	Vekt (kg)	Alder (år)
Hypertrofi (TSG)	178,25 ± 11,87	79,18 ± 15,44	22,25 ± 1,5
Cluster (CSG)	180,2 ± 12,32	81,04 ± 24,00	22,2 ± 2,49
Kontroll (CG)	174 ± 6,67	77 ± 18,98	22 ± 2,83

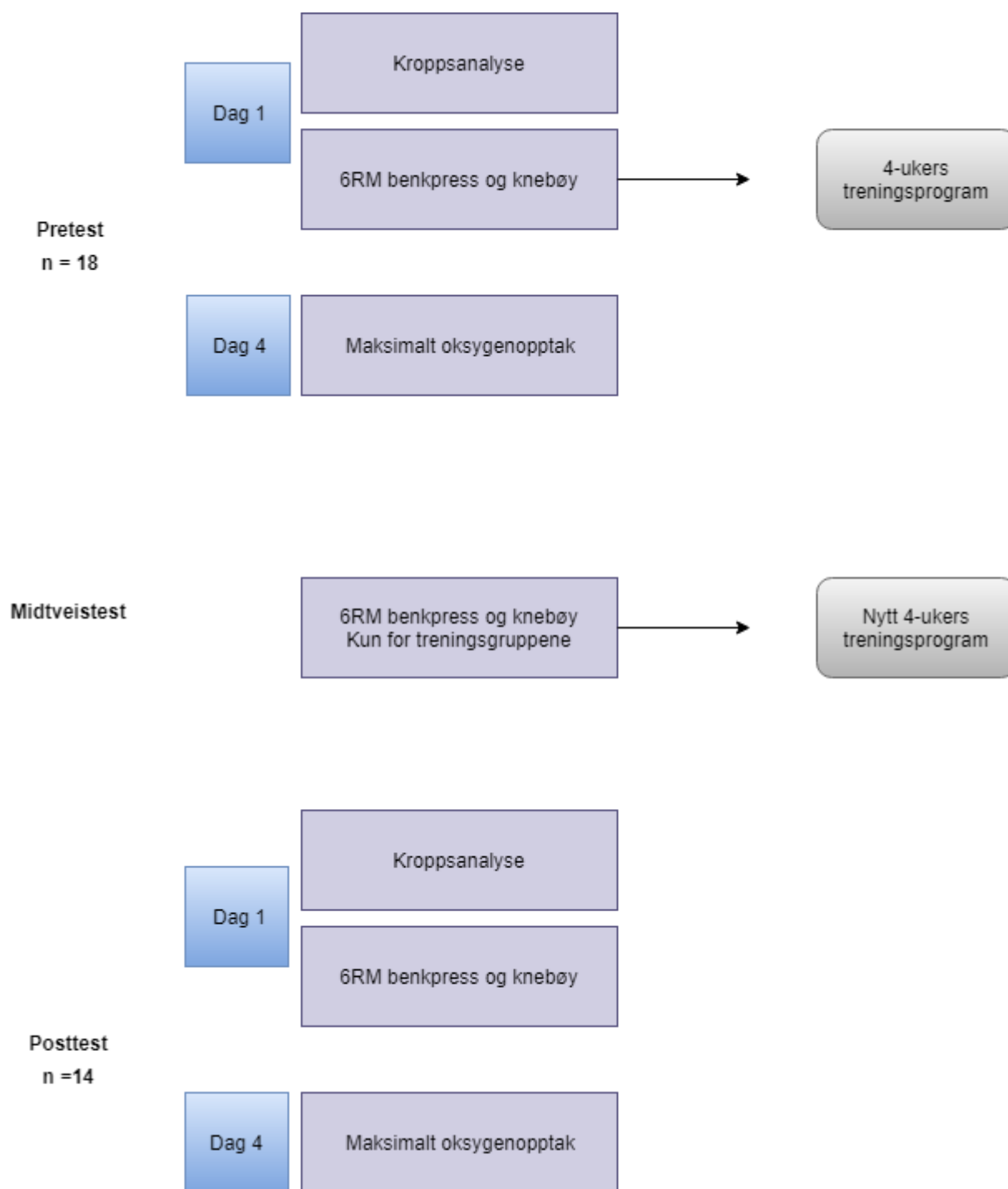
3.3 Inklusjons- og eksklusjonskriterier

Inklusjonskriteriet var at de var studenter på idrettslinjen ved UiS. Det ble spurt i tre ulike klasser, og hvem som helst av dem kunne delta. Det var også et kriterium at personene ikke skulle trene hardt eller drikke alkohol i dagene før tester. De ble bedt om å forberede seg likt til pretest og posttest, både med tanke på mat, søvn og lignende.

Enkelte ble ekskludert underveis som følge av manglende deltakelse. Dersom en person gikk glipp av 3 treningsøkter, ble de meldt ut av prosjektet. Resultatene deres teller ikke med i prosjektet.

3.4 Forsøksprotokoll

Datainnsamling foregikk i perioden september 2017 til desember 2017. Styrketestene (benkpress og knebøy) og utholdenhetstesten (VO₂maks) ble gjennomført på ulike dager. Det var minst 2 dager mellom testene, slik at styrketestene ikke skulle påvirke utholdenhetstesten. Styrketestene ble gjennomført 3 ganger i form av pre-, midtveis- og posttest. Resultatene fra pre- og midtveistest ble brukt til å sette opp to 4-ukers styrketreningsprogrammer. Figur 3.1 viser hvordan testingen foregikk.



Figur 3.1 Skjematisk fremstilling av studiedesignet. Etter en 4 ukers treningsperiode ble det gjennomført nye styrketester for å oppdatere treningsprogrammet.

3.6 Målemetoder

SiS Sportssenter: De fleste tester og målinger foregikk på SiS Sportssenter. Antropometriske målinger (høyde, omkrets, kroppsmålinger), maksimal styrketest (6RM), hurtighetstest (60m sprint), spensttest (Sargent) og målinger av løftehastighet ble gjennomført der. Av disse er det kun de antropometriske målingene, styrketestene og løftehastighet som er lagt til grunn i denne oppgaven.

Antropometriske målinger: Høyde ble målt i et lite rom inne i idrettshallen på SiS Sportssenter. Det ble gjort ved hjelp av et statisk høydehoppstativ med centimetermåling på. Omkrets på ulike kroppsdeler ble målt ved hjelp av et bøyelig generisk målebånd. Kroppslige målinger ble gjort ved analysevekten Tanita BC-601 (Tanita, Tokyo, Japan). Den ble brukt til å registrere kroppsvekt, fettmasse og muskelmasse. Deltakerne ble bedt om å ha på seg de samme klærne på ved pre- og posttest. I tillegg ble de bedt om å spise det samme dagen før og på selve testdagen, slik at målingene ikke skulle påvirkes av ulikt matinntak.

Omkretsmålinger ble ikke tatt med i de endelige resultatene. Kroppsvekten ble også målt i laboratoriet før hver VO₂maks test. Dette fordi kroppsvekten er en viktig faktor for VO₂-målinger (ml/kg/min).

Laboratorium: Utholdenhetstesten ble gjennomført i labben i MG-bygget ved UiS. Utstyr som ble brukt var tredemøllen Woodway (Woodway, Wisconsin, USA) og ergospirometrisystemet Vyntus CPX (Jaeger, Hoechberg, Tyskland). Et pulsebelte og en pulsklokke ble brukt til å måle maksimal hjertefrekvens (Polar, Kempele, Finland).

Måling av oksygenopptak: VO₂ ble målt ved hjelp av Vyntus CPX. Det er et stasjonært ergospirometrisystem som måler oksygenopptaket ved hjelp av gassutveksling (pust-til-pust). En ansiktsmaske ble satt på deltakerne. For å bestemme hvilken størrelse som passet til hver enkelt deltaker, ble et måleinstrument brukt for å måle lengden fra nese til hake. For å videre forsikre om at masken passet ble det holdt en hånd over utgangen til masken, og deltakerne ble bedt om å trekke inn pusten. Dersom det ikke kom luft gjennom visste vi at masken kunne brukes. I denne masken ble en slange festet slik at luft fra masken kunne fraktes til miksekammeret. Dermed ble blant annet O₂ og CO₂ målt hvert 30. sekund. Maskinen ble kalibrert for alle deltakere, som reduserer eventuell måleusikkerhet. Måleusikkerheten til Vyntus CPX er på rundt 3% når den måler maksimalt oksygenopptak (CareFusion, 2016).

Måling av løftehastighet: Løftehastigheten ble registrert ved hver treningsøkt. Dette ble gjort ved hjelp av Beast Sensor (Beast Technologies, Brescia, Italia). Dette er en sensor som måler

kraft og løfthastighet. Selve sensoren ble koblet opp via Bluetooth til deltakernes mobil. Gjennom en app ble all data registrert, lagret og sendt til prosjektleder. Sensoren var magnetisk, og ble festet på vektstangen. Alternativt kunne sensoren festes rundt håndleddet ved hjelp av et elastisk bånd.

Hjertefrekvens: Hjertefrekvensen ble målt ved hver treningsøkt ved bruk av pulsbelter fra Polar (Polar, Kempele, Finland). Disse data ble ikke tatt med i de endelige resultatene.

Styrketester: Styrketestene ble gjennomført i toppetasjen hos SiS Sportssenter. Stenger, benk, vektplater og stativ var av typen Eleiko (Eleiko, Halmstad, Sverige).

3.7 Testprosedyrer

3.7.1 Tilvenning

Forsøkspersonene var aktive idrettsstudenter som har trent variert i flere år. De var dermed kjent med de fleste testene. Det var derfor ikke et behov for tilvenning til utholdenhetstesten. Av praktiske årsaker ble det ikke satt tid til en lengre periode tilvenning til styrkeøvelsene. Dersom treningen bestod av maksimal styrketrening (>80% av 1RM) kunne det vært nødvendig med en tilvenningsperiode for å bli kjent med øvelser, bevegelser og teknikk. Dette ville vært smart med tanke på skadeforebygging. Øvelsene som var mest ukjente, var styrketestene. Basert på resultatene og observasjon underveis er det sannsynlig at en del av fremgangen er læringseffekt. Det er liten tvil om at forsøkspersonene burde gjennomføre en pretest og deretter en retest for å fange opp en del av læringseffekten. Grunnlaget for treningsprogrammene ville derfor vært fra retest, som kunne gitt mer nøyaktige data.

Noen av personene slet under utholdenhetstesten fordi masken var uvant og ukomfortabel. De slet dermed å puste normalt. Dette gjaldt spesielt ved pretest. Det virker likevel ikke til at dette påvirket resultatene i nevneverdig grad. En kan likevel stille spørsmål ved om prestasjonene ville vært annerledes dersom de hadde gjennomført et par treningsøkter med en slik maske for å bli vant til å puste i den. Temperatur i labben kan også ha spilt en rolle for prestasjon.

3.7.2 Utholdenhetstest (Bruce Protocol)

Utholdenhetstesten (VO_2 maks) ble gjennomført ved å bruke Bruce Protocol (tabell 3.2).

Forsøkspersonene varmet opp i 10-15 minutter før testen, på en stasjonær ergometersykel. Flere av deltakerne kom rett fra aktiv undervisning og var dermed relativt oppvarmet fra før. Løpsesten startet med en fart på 2.7 km/t og stigningsgrad på 10%. Tabell 3.2 viser hvordan

testen utviklet seg. For å sikre at forsøkspersonene hadde det greit underveis i testen, ble de spurt hvert minutt. De kunne svare med et nikk eller tommel opp og ned. Før hver stigning i intensitet ble forsøkspersonene spurt om de ønsket å fortsette. De kunne igjen svare med tommel opp eller ned. Deltakerne ble oppmuntret og oppfordret av testleder underveis. Mot slutten av testen ble de heiet på for å få ut maksimal ytelse. Data ble registrert hvert 30. sekund. Data som ble tatt med i prosjektet var maksimalt oksygenopptak og hjertefrekvens.

Tabell 3.2: Tabellen viser hvordan utviklingen foregår i Bruce Protocol. Inspirert og hentet fra Warpeha (2012).

Minutt (min)	Hastighet (km/t)	Stigningsgrad (%)
0-3	2.7	10
3-6	4	12
6-9	5.5	14
9-12	6.8	16
12-15	8	18
15-18	8.9	20
18-21	9.7	22

3.7.3 Styrketester (benkpress og knebøy)

Begge styrketestene ble gjennomført på samme dag og til samme tider ved pre-, midtveis-, og posttest. Målet med testene var å bestemme den maksimale motstanden deltakerne klarer å løfte én gang (1RM). I og med at de fleste deltakerne ikke hadde erfaring med tung styrketrening, ble det bestemt at styrketestene skulle gjennomføres med 6RM. Det betyr den maksimale motstanden de klarer å løfte 6 ganger. Basert på resultatene kan 1RM bestemmes, som vist i tabell 3.3.

Selve testprotokollen er lik som for 1RM-testing. Deltakerne begynner med lett motstand for å varme opp. De gjennomfører ett sett med 5-10 repetisjoner. Etter en liten pause økes vekten. Testprotokollen (Haff & Triplett, 2016) viser at de skal legge til 5-10% vekt på benkpress og 10-20% vekt på knebøy, for nok et oppvarmingssett. Dette settet gjennomføres med 3-5 repetisjoner. Deltakerne fikk deretter 2 minutters hvile. Herfra vurderte testlederne i samråd med deltakerne om hva de trodde var den maksimale vekten de klarte å løfte 6 ganger. Målet var å nå 6RM ved så få sett som mulig for å oppnå nøyaktige og reliable resultater.

Dersom deltakerne klarte 4-6 repetisjoner og ga beskjed at de gav nær maksimal ytelse ble resultatet stående. Dersom de klarte flere enn 6 repetisjoner og de gav uttrykk for at det

var enkelt, ble vekten økt. I enkelte tilfeller ble resultatet stående med 3 repetisjoner.

Resultatene fra styrketestene (6RM) ble omgjort til 1RM basert på Warpeha (2012). Deltakerne gjennomførte testene med ulike repetisjoner og motstand, som gjør at antatt 1RM beregnes basert på antall repetisjoner og maksimal vekt. Tabell 3.3 viser hva vekten multipliseres med basert på antall repetisjoner. En lignende tabell kan finnes i vedlegg 4.

Tabell 3.3: Estimering av 1RM basert på antall repetisjoner og motstand (kg) løftet. Tabell hentet fra Warpeha (2012, s. 7).

Antall repetisjoner	Prosent av 1RM	Multipliser vekten med
1	100	1.00
2	95	1.05
3	93	1.08
4	90	1.11
5	87	1.15
6	85	1.18
7	83	1.20
8	80	1.25

3.7.3.1 Eksempler på treningsprogrammene

Method		Participant			
Cluster SET 5/2 with 10 s pause Set 1: 2 rep 10 s pause, 2 rep 10 s pause, 2 rep 10 s pause, 2 rep 10 s pause, 2 rep 50 s pause. Set 2: 2 rep 10 s pause, 2 rep 10 s pause, 2 rep 10 s pause, 2 rep 10 s pause, 2 rep 50 s pause. Set 3: 2 rep 10 s pause, 2 rep 10 s pause, 2 rep 10 s pause, 2 rep 10 s pause, 2 rep 50 s pause. Set 4: 2 rep 10 s pause, 2 rep 10 s pause, 2 rep 10 s pause, 2 rep 10 s pause, 2 rep 50 s pause.		General Warm-Up Jog Duration: 5 Min		MOBILITY 3-Way Lunge Bear Crawl Push-up Plus	
		SESSION 1 LOWER		WK 1 Sets Reps WT NOTES	
Squat	Back Squat	4	10	53	Jobber med <input type="checkbox"/>
	BB Rest: 50s				
Push	Bench Press	4	10	28	Jobber med <input type="checkbox"/>
	BB Rest: 50s				

Figur 3.2 Bildet viser det første 4-ukersprogrammet til en av deltakerne i clustergruppen (CSG). Til venstre vises gjennomførelsen av settene, repetisjonene og pausene mellom repetisjoner og sett. Til høyre vises oppvarmingsdelen og selve motstanden under

treningsdelen.

Basert på resultatene i pretest ble motstanden til treningsprogrammene bestemt. Et eksempel på treningsprogram i clustergruppen vises i figur 3.2. Personen i figur 3.2 gjennomførte pretest i knebøy med 6 repetisjoner, og en vekt på 65 kg. Basert på tabell 3.3 ble vekten (65 kg) multiplisert med 1.18 siden det ble gjort 6 repetisjoner. 1RM blir derfor estimert til $65 \cdot 1.18 = 76.7$ kg. Siden intervensjonsgruppene skal trene med en intensitet på 70% av 1RM, blir treningsvekten 53 kg. 70% av 76.7 er 53.69. Tilsvarende omregninger ble gjort for resultatene i benkpress.

Figur 3.2 viser videre den grunnleggende forskjellen mellom hypertrofitrening gjort ved clustermetode og tradisjonell metode. Begge gruppene skal gjennomføre samme antall repetisjoner og sett, men på forskjellig måte. Ved cluster gjennomføres settene med 10 sekunders pause mellom hver 2. repetisjon. Et sett starter med to repetisjoner, etterfulgt av 10 sekunders pause. Dette gjennomføres fem ganger per sett. Mellom hvert sett er det 50 sekunders pause. Figur 3.3 viser hvordan TSG gjennomfører treningen. De har ingen pause mellom enkelte repetisjoner. De har derimot en lengre pause mellom hvert sett.

Figur 3.2 og 3.3 viser videre at hver person gjennomførte treningene sammen med en annen person. Personer i CSG hadde partnere fra TSG. Rekkefølgen på øvelser og hvem som trente først var opp til hver enkelt par. Det vanligste var at en av dem startet med én øvelse og fullførte den, og så var det partnerens tur til å fullføre én øvelse. For eksempel fullførte først CSG øvelsen knebøy, etterfulgt av at TSG gjorde ferdig knebøy. Samme prosess skjedde i benkpress. Dersom noen par valgte å gjøre begge øvelsene etter hverandre ble det ikke satt noen begrensninger for det. CSG kunne derfor gjennomføre både knebøy og benkpress, etterfulgt av at TSG fullførte sin trening. En av grunnene til at de ble satt opp i par, var sikring og kontroll av løftehastighet. Måling av løftehastighet ble gjort ved en app på mobil, som krevde at det ble trykket start og stopp mellom sett og repetisjoner (hos CSG).

3.8 Databehandling og analyser

Organisering og analysering av data foregikk i henholdsvis Microsoft Excel 2016 (Microsoft, Redmond, Washington, USA) og IBM SPSS Statistics 25 (IBM, Armonk, New York, USA). All data var normalfordelt. Statistisk signifikans er definert som $p < 0.05$. Størrelsesorden på Cohen's d er definert: liten (0.2), medium (0.5) og stor (≥ 0.8).

3.8.1 Databehandling

Data fra tester ble skrevet ned fortløpende på papir. Fornavn til deltakerne ble brukt for å ha kontroll på data. De ble deretter overført til datamaskin. Ved registrering av alder var det kun årstall som ble brukt. Dato ble unngått for å redusere muligheten til å knytte data til deltakerne. Deling av data mellom testledere foregikk som oftest gjennom epost. I noen tilfeller ble data sendt gjennom Facebook med fornavn. Alle deltakerne var medlem i en lukket og privat gruppe på Facebook, der informasjon ble delt. Fullstendige kroppsanalysedata ble sendt til hver enkelt deltaker ved prosjektets slutt etter deres eget ønske.

3.9 Forskningsetiske vurderinger

I samtykkeskjema ble det skrevet at navn ikke skulle brukes underveis eller etter prosjektets slutt. I forrige avsnitt ble databehandling beskrevet. Der kom det frem at størstedelen av data ble lagret ved fornavn, både i papirform og på data og mobil. Data ble sendt mellom prosjektledere og testledere over epost og Facebook. Dersom «navn» tas bokstavelig er en del av samtykkeskjemaets betingelser brutt. Selv om etternavn og full fødselsdato ikke er brukt, vil data lett kunne knyttes til individer kun med fornavn når det sendes på epost og Facebook. En liten endring i gruppeinnstillinger eller invitasjon av feil person gjør at data lett kan kobles til hvert individ. Lagring av data betyr at opptil 5 prosjektledere/testledere har hatt informasjon samtidig, i både papir- og dataform. Rent praktisk vil data vært tilgjengelig på opptil 5 ark, 5 mobiler, 5 laptop/datamaskiner, og flere eposter og meldinger på Facebook. Selv om navn ikke er brukt etter at studien er gjennomført, ble det brukt underveis, og etterpå i form av lagrede data.

Data som presenteres i denne oppgaven er likevel anonymisert, og ingen navn er brukt. Basert på data i selve oppgaven er det ikke mulig å knytte dem til enkelte individer. Data er presentert i form av gjennomsnitt, med unntak av én deltakers treningsprogram. Dette gjør at alder ikke lett kan knyttes til deltakerne.

4 Resultater

4.1 Maksimal styrke (6RM) og maksimalt oksygenopptak (VO₂maks)

	Pre-test (SD)	Post-test (SD)	Difference (SEM)	95% CI	p value	Cohen's <i>d</i>
Knebøy 1RM (kg)	100.4 (33,9)	129 (35.1)	28.6 (3.7)	18.3-38.9	.002*	0.83
Benkpress 1RM (kg)	69.8 (33.4)	77.2 (34.1)	7.4 (1.5)	3.2-11.6	.008*	0.22
VO ₂ maks (ml/kg/min)	47.9 (2.94)	46.7 (2.8)	-1.26 (0.53)	-2.74-0.22	.078	0.42
Maks HF	186.25 (24.6)	191.2 (19.9)	3.5 (1.19)	-0.29-7.3	.060	0.22

*= p < 0,05

Tabell 4.1 viser resultatene til clustergruppen. Fra pre- til posttest i øvelsen knebøy økte gruppen med 28.6 ± 3.7 kg ($p < 0.05$). Denne økningen er stor, med en Cohen's $d = 0.83$. Gruppen økte med 7.4 ± 1.5 kg ($p < 0.05$) i øvelsen benkpress. Med en Cohen's $d = 0.22$ er denne økningen liten. CSG opplevde en nedgang i VO₂maks. Den gjennomsnittlige nedgangen var -1.26 ± 0.53 ml/kg/min ($p = 0.078$). Resultatet er dermed ikke statistisk signifikant. Dette er en middels nedgang med en Cohen's $d = 0.42$. Den maksimale hjertefrekvensen økte med 3.5 ± 1.19 ($p = 0.06$) fra pretest til posttest. Dette tilsvarer en liten økning, der Cohen's $d = 0.22$.

Tabell 4.2: Resultater for tradisjonell styrketrening (TSG). Tabellen viser data i form av gjennomsnitt standardavvik (SD), standardfeil (SEM), konfidensintervall, p-verdi og Cohen's *d* ved pretest og posttest til de ulike styrketestene, maksimalt oksygenopptak og maksimal hjertefrekvens. Data kommer fra parede t-tester.

	Pre-test (SD)	Post-test (SD)	Difference (SEM)	95% CI	<i>p</i> value	Cohen's <i>d</i>
Knebøy 1RM (kg)	84.25 (26.8)	114.25 (26.5)	30 (1.92)	24-36.1	.001*	1.13
Benkpress 1RM (kg)	56.25 (28.9)	66 (28.5)	9.75 (1.38)	5.4-14.1	.006*	0.34
VO ₂ maks (ml/kg/min)	45.1 (4.74)	44.32 (3.03)	-0.8 (0.9)	-3.7-2.07	.441	0.196
Maks HF	198 (2.2)	199 (6.7)	1 (3.24)	-9.3-11.3	.778	0.2

*= $p < 0,05$

Resultatene til gruppen som trente tradisjonell styrketrening vises i tabell 4.2. Gruppen økte med 30 ± 1.92 kg ($p < 0.05$) i øvelsen knebøy. Siden Cohen's $d = 1.13$ er denne økningen stor, den største av alle gruppene og øvelsene. I øvelsen benkpress økte gruppen med 9.75 ± 1.38 kg ($p < 0.05$). Dette var en økning av middels størrelse med en Cohen's $d = 0.34$. Den tradisjonelle styrketreninggruppen opplevde en nedgang i VO₂maks. Nedgangen ble målt til -0.8 ± 0.9 ml/kg/min ($p = 0.441$). Dermed er ikke resultatet statistisk signifikant. Med en Cohen's $d = 0.196$ er nedgangen liten. Hjertefrekvensen til TSG økte med 1 ± 3.24 ($p = 0.778$). Data er dermed langt fra statistisk signifikant, og økningen er liten ($d = 0.2$).

Tabell 4.3: Resultater for kontrollgruppen (CG). Tabellen viser data i form av gjennomsnitt, standardavvik (SD), standardfeil (SEM), konfidensintervall, p-verdi og Cohen's *d* ved pretest og posttest til de ulike styrketestene, maksimalt oksygenopptak og maksimal hjertefrekvens. Data kommer fra parede t-tester.

	Pre-test (SD)	Post-test (SD)	Difference (SEM)	95% CI	<i>p</i> value	Cohen's <i>d</i>
Knebøy 1RM (kg)	90 (27.3)	100.25 (35.2)	10.25 (6.9)	-11.8-32.27	.235	0.33
Benkpress 1RM (kg)	67.8 (26.6)	72.2 (29.1)	4.4 (1.5)	.23-8.5	.043*	0.16
VO ₂ maks (ml/kg/min)	44.25 (9.4)	44.25 (7.75)	0 (1.22)	-3.9-3.9	1.0	0.0
Maks HF	185.75 (5.3)	192.5 (5.23)	6.75 (1.6)	1.66-11.8	.024*	1.28

*= $p < 0,05$

Kontrollgruppen hadde en økning i øvelsen knebøy på 10.25 ± 6.9 kg ($p=0.235$). Dette resultatet var ikke statistisk signifikant. Cohen's $d = 0.33$ viser en økning som er middels. I øvelsen benkpress økte kontrollgruppen med 4.4 ± 1.5 kg ($p<0.05$). Økningen var liten, med en Cohen's $d = 0.16$. Gruppen opplevde en liten økning i maksimal hjertefrekvens. Maks HF økte med 1 ± 3.24 ($p=0.778$), der Cohen's $d = 0.2$.

Det ble målt statistisk signifikante endringer fra pre- til posttest hos den tradisjonelle styrketreningsgruppen (TSG) og hos clustergruppen (CSG). Alle resultatene kan ses i tabell 4.1 og 4.2. For knebøy ble det hos TSG målt en gjennomsnittlig økning på 30 ± 3.83 kg. I benkpress økte TSG med 9.75 ± 2.75 kg. CSG økte med 28.6 ± 8.26 kg i knebøy og 7.4 ± 3.36 kg i benkpress. Resultatene fra kontrollgruppen (CG) hadde høyere p-verdi enn de andre gruppene. CG økte med 10.25 ± 13.84 kg i knebøy og 4.4 ± 3.36 kg i benkpress. Det er dermed en signifikant forskjell mellom intervensjonsgruppene og kontrollgruppen når det gjelder økning i maksimal styrke.

4.2 Antropometriske data

Tabell 4.5: Resultater for cluster styrketrening (CSG). Tabellen viser gjennomsnitt, standardavvik (SD), standardfeil (SEM), konfidensintervall, p-verdi og Cohen's *d* ved pre- og posttest til variablene kroppsvekt, muskelvekt og fettmasse.

	Pre-test (SD)	Post-test (SD)	Difference (SEM)	95% CI	<i>p</i> value	Cohen's <i>d</i>
Kroppsvekt	81 (24)	81.2 (23.4)	0.12 (0.89)	-2.3-2.6	.899	0.008
Muskelvekt	60.9 (19.7)	60.5 (18.0)	-0.46 (0.87)	-2.9-1.9	.624	0.02
Fettmasse	16.9 (4.2)	17.5 (5.5)	0.62 (0.62)	-1.1-2.4	.377	0.12
*= $p < 0,05$						

Tabell 4.5 viser de antropometriske målingene for CSG. Tabellen viser at ingen av målingene er statistisk signifikante. Endringer i alle målinger er minimale, med svært lave *d*-verdier. Kroppsvekten gikk opp med 0.12 ± 0.89 kg, $p = 0.899$ og $d = 0.008$. Muskelmassen gikk ned med -0.46 ± 0.87 kg, $p = 0.624$ og $d = 0.02$. Fettmassen økte med 0.62 ± 0.62 kg, $p = 0.377$ og $d = 0.12$. De antropometriske data tyder på at det ikke er oppnådd muskelhypertrofi som følge av styrketreningen. Data tyder på en nedgang i muskelmasse. Økt muskelhypertrofi vil gi økt muskeltverrsnitt, og dermed økt muskelmasse. Det har derfor ikke oppstått muskelhypertrofi hos CSG.

Tabell 4.6: Resultater for tradisjonell styrketrening (TSG). Tabellen viser gjennomsnitt, standardavvik (SD), standardfeil (SEM), konfidensintervall, p-verdi og Cohen's *d* ved pre- og posttest til variablene kroppsvekt, muskelvekt og fettmasse.

	Pre-test (SD)	Post-test (SD)	Difference (SEM)	95% CI	<i>p</i> value	Cohen's <i>d</i>
Kroppsvekt	79.2 (15.4)	80.3 (17.3)	1.13 (1.24)	-2.8-5.1	.432	0.07
Muskelvekt	59.2 (15.7)	58.6 (15.5)	-0.6 (0.9)	-3.5-2.3	.554	0.04
Fettmasse	16.9 (6.7)	18.6 (4.8)	1.73 (1.47)	-2.9-6.4	.325	0.29
* = $p < 0,05$						

Ingen av resultatene til TSG er statistisk signifikante. Tabell 4.6 viser at kroppsvekten økte med 1.13 ± 1.24 kg, $p = 0.432$ og $d = 0.07$. Muskelmassen ble redusert med -0.6 ± 0.9 kg, $p = 0.554$ og $d = 0.04$. Fettmassen økte med 1.73 ± 1.47 kg, $p = 0.325$ og $d = 0.29$. Nedgangen i muskelmasse er litt større enn hos CSG, samtidig som kroppsvekten til TSG økte mer. TSG har derfor fått høyere fettmasse fra pre-til posttest enn CSG.

Tabell 4.7: Resultater for kontrollgruppen (CG). Tabellen viser gjennomsnitt, standardavvik (SD), standardfeil (SEM), konfidensintervall, p-verdi og Cohen's *d* ved pre- og posttest til variablene kroppsvekt, muskelvekt og fettmasse.

	Pre-test (SD)	Post-test (SD)	Difference (SEM)	95% CI	<i>p</i> value	Cohen's <i>d</i>
Kroppsvekt	77 (19)	78.3 (21.6)	1.28 (1.2)	-2.1-4.7	.354	0.06
Muskelvekt	52.5 (10.9)	53.6 (12.07)	1.1 (0.66)	-0.72-2.9	.170	0.09
Fettmasse	21.8 (9)	21.9 (10.6)	0.14 (0.82)	-2.15-2.43	.873	0.01
* = $p < 0,05$						

Kontrollgruppen er den eneste gruppen som har målt en økning i muskelmasse. Tabell 4.7 viser at muskelmassen gikk opp 1.1 ± 0.66 kg, med en *p*-verdi = 0.17. Data er dermed ikke statistisk signifikante, men *p*-verdien er betydelig lavere enn hos intervensjonsgruppene. Cohen's *d* viser at økningen i muskelmasse er minimal ($d = 0.09$). Kroppsvekten målte en økning på 1.28 ± 1.2 kg, $p = 0.354$ og $d = 0.06$. Fettmassen økte med 0.14 ± 0.82 kg, $p = 0.873$ og $d = 0.01$. Økninger i maksimal styrke kan derfor knyttes til økt muskelmasse hos kontrollgruppen.

4.3 Treningsdata og løftehastighet

Tabell 4.8: Resultater for tradisjonell styrketrening (TSG). Tabellen viser gjennomsnitt, standardavvik (SD), standardfeil (SEM), konfidensintervall, p-verdi og Cohen's *d* ved pre- og posttest til variablene maksimal løftehastighet i benkpress og knebøy, og til vekt og motstand i benkpress og knebøy.

	Første økt (SD)	Siste økt (SD)	Difference (SEM)	95% CI	<i>p</i> value	Cohen's <i>d</i>
Maks løftehastighet benkpress (ms)	0.74 (0.108)	0.885 (0.06)	0.14 (0.07)	-0.08-0.36	.130	1.66
Maks løftehastighet knebøy (ms)	0.88 (0.14)	0.95 (0.13)	0.06 (0.03)	-0.03-0.16	.125	0.52
Vekt/motstand benkpress (kg)	40 (19.9)	42.25 (18.7)	2.25 (1.03)	-1.03-5.53	.117	0.12
Vekt/motstand knebøy (kg)	59 (18.6)	71.25 (19.6)	12.25 (1.18)	8.5-16.0	.002*	0.64

*= $p < 0,05$

Tabell 4.8 viser treningsdata til TSG. Gruppen opplevde en økning i maksimal løftehastighet fra første til siste økt, en økning på 0.14 ± 0.07 ms. Med en $p = 0.13$ er ikke data statistisk signifikante. Cohen's *d* viser at denne økningen er svært stor ($d = 1.66$). Data viser videre at motstanden fra første til siste økt gikk opp med 2.25 ± 1.03 kg, $p = 0.125$, og Cohen's $d = 0.12$. Gruppen har dermed økt den maksimale løftehastigheten i benkpress samtidig som motstanden økte.

Videre viser tabell 4.8 at den maksimale løftehastigheten i knebøy økte med 0.06 ± 0.03 ms. Med en p -verdi = 0.125 er ikke resultatene statistisk signifikante. Ifølge Cohen's *d* er størrelsen på økningen middels ($d = 0.52$). Vekten fra første til siste økt gikk opp med 12.25 ± 1.18 kg, en middels økning ($d = 0.64$). Med en p -verdi < 0.05 er resultatene statistisk

signifikante. Den maksimale løftehastigheten i knebøy har dermed økt samtidig som motstanden har en statistisk signifikant økning.

Tabell 4.9: Resultater for cluster styrketrening (CSG). Tabellen viser gjennomsnitt, standardavvik (SD), standardfeil (SEM), konfidensintervall, p-verdi og Cohen's *d* ved pre- og posttest til variablene maksimal løftehastighet i benkpress og knebøy, og til vekt og motstand i benkpress og knebøy.

	Første økt (SD)	Siste økt (SD)	Difference (SEM)	95% CI	<i>p</i> value	Cohen's <i>d</i>
Maks løftehastighet benkpress (ms)	0.8 (0.15)	0.79 (0.1)	-0.016 (0.05)	-0.157-0.125	.768	0.08
Maks løftehastighet knebøy (ms)	0.87 (0.16)	0.85 (0.1)	-0.022 (0.035)	-0.12-0.08	.564	0.15
Vekt/motstand benkpress (kg)	49.2 (23.5)	52.6 (23.3)	3.4 (1.1)	0.28-6.5	.039*	0.14
Vekt/motstand knebøy (kg)	70.4 (24)	84.6 (22)	14.2 (2.2)	8-20.4	.003*	0.61

*= $p < 0,05$

Tabell 4.9 viser treningsdata til gruppen som trente cluster (CSG). Gruppen opplevde en nedgang i maksimal løftehastighet fra første økt til siste økt i både benkpress og knebøy. Nedgangen for benkpress ble målt til -0.016 ± 0.05 ms, med en *p*-verdi = 0.768. Størrelsen på nedgangen er veldig liten, med en Cohen's *d* = 0.08. Vekten fra første økt til siste økt steg med 3.4 ± 1.1 kg. Denne målingen er statistisk signifikant med en $r < 0.05$. Økningen er liten (*d* = 0.14). Maks løftehastighet i knebøy gikk ned -0.022 ± 0.035 ms, med en *p*-verdi = 0.564. Endringen er liten, med en *d* = 0.15.

5 Diskusjon

Denne oppgaven er basert på en større studie som ønsket å sammenligne to ulike styrketreningsmetoder (tradisjonell hypertrofitrening og cluster). Målet var å se hvordan de to treningsmetodene påvirket maksimal styrke, maksimalt oksygenopptak, antropometriske målinger, hurtighet, spenst og løftehastighet. Hovedformålet med denne oppgaven er å se på fire av disse, nemlig maksimal styrke, maksimalt oksygenopptak, antropometriske målinger og løftehastighet.

5.1 Metodiske betraktninger

5.1.1 Gjennomføring av testene

Deltakerne var alle førsteårsstudenter på idrettslinjen ved UiS. Alle har tidligere erfaring fra trening eller aktivitet. Det ble derfor antatt at de fleste hadde solid motorisk kontroll, og kunne presse seg i de ulike øvelsene.

5.1.1.1 Maksimal styrke (6RM)

Ved pretest var det tydelig at flere av deltakerne var ukjente med styrketrening. En del av deltakerne viste dårlig kroppslig kontroll og koordinasjon mellom kroppsdeler og muskler. I øvelsen knebøy ble dette tydeliggjort i hvordan lår, rumpe, rygg og hode beveget seg i forhold til hverandre. Bevegelsen manglet struktur og riktig bevegelsesmønster. På grunn av dette ville det vært metodisk riktig å gjennomføre en retest i styrkeøvelsene for å fange opp noe av læringseffekten i starten. Siden de fleste deltakerne var ukjente med styrketrening, vil en del av fremgangen komme av læring. Det er ofte vanlig å inkludere en tilvenningsfase før selve intervensjonen starter, blant annet for å redusere læringseffekten (Mangine et al., 2015). En slik fase er likevel tidkrevende, og mindre nødvendig når det er snakk om hypertrofisk styrketrening. Ved maksimal styrketrening vil det være gunstig å ha en periode med lett trening for å lære teknikk av øvelsene, blant annet for å unngå skade.

Observasjonene av treningene underveis i prosjektet tyder på at deltakerne har hatt en viss læringseffekt. Utvalget forbedret løfteteknikken i begge øvelsene betraktelig etter hver treningsuke. Dette er naturlig når utrente begynner med styrketrening. I litteraturen presiseres det ofte at nybegynnere kan oppleve stor fremgang i starten fordi kroppen ikke er kjent med bevegelsene (Raastad et al., 2010). Basert på de antropometriske målingene kan det tyde på at læringseffekten og forbedringer i nervesystemet er hovedårsaken til økt maksimal styrke. Dette fordi data tyder på at muskelmassen til deltakerne ble redusert fra pre- til posttest. Disse resultatene vises i tabell 4.5 og 4.6. Selv om resultatene ikke er statistisk signifikante, er det

lite som tyder på en økning i muskelmasse. Selv om observasjon er subjektiv, vil det herske liten tvil om at utvalget forbedret seg drastisk fra pre- til posttest i utførelse av øvelsene.

Selve testene i knebøy og benkpress ble gjennomført av forskjellige personer. Planen var at én person skulle teste de samme individene ved pre-, midtveis- og posttest. Dette var vanskelig å gjennomføre i praksis. Dermed er det vanskelig å redegjør for om individuelle forskjeller hos testlederne har påvirket resultatet på testene. Alle fulgte den samme instruksjonen for styrketesten, men individuelle egenskaper kan ha påvirket gjennomføringen. Vedlegg 3 viser instruksjonen som ble fulgt. Faktorer som ikke er kontrollert for er blant annet motstand på oppvarmingssett, antall repetisjoner på oppvarmingssett, pause mellom oppvarmingssett, startvekt på testrepetisjonene, økning i vekt og om repetisjonene er godkjente. Alle er basert på skjønn og erfaring hos både deltaker og testleder. Alle disse faktorene kan være med å bestemme det endelige resultatet. En mer ordnet struktur kunne gitt mer reliable data. Dette kunne blitt løst ved å skrive ned all denne informasjonen, slik at den kunne kontrolleres.

Et viktig poeng når det gjelder validitet og reliabilitet til data, er å fjerne usikkerhetsmomenter. Siden deltakerne var utrente og ikke hadde en tilvenningsperiode, og at det ikke ble gjennomført en test-retest-prosedyre gjør at eventuelle forbedringer blir vanskeligere å forklare. Målet med en tilvenningsperiode er å forberede individene til styrketreningen, som blant annet inkluderer forbedringer i teknikk og utførelse. En test-retest vil være med å styrke reliabiliteten til data rundt maksimal styrke (Berchtold, 2016; Rydwik, Karlsson, Frandin & Akner, 2007). Ved å se på eventuelle forskjeller mellom pre- og retest kan en del av læringseffekten lukes ut. Med en tilvenningsperiode vil enda mer av denne læringseffekten fjernes. Det gunstigste for denne oppgaven ville vært å inkludere en test-retest i styrkeøvelsene.

Flere av disse variablene viser til utfordringer rundt reliabiliteten til styrketestene. For å oppnå reliabilitet rundt en test er det nødvendig at den kan gjentas (McGuigan, 2016, s. 252). Den subjektive meningen rundt hva som er en godkjent repetisjon vil være med å svekke reliabiliteten til testene, spesielt siden ulike personer hadde forskjellige testledere. McGuigan (2016) viser til hvordan ulike testledere kan påvirke resultatene direkte. Testlederen ved pretest kan være mindre engasjert enn testlederen ved posttest, som kan gjøre at sistnevnte godkjenner ugyldige repetisjoner (McGuigan, 2016, s. 252). Denne oppgaven har enda et usikkerhetsmoment gjennom midtveistesten. Dersom testen ikke tas seriøst av deltaker eller testleder vil det nye treningsprogrammet baseres på feil data, og deltakerne vil trene med feil belastning. Dette vil igjen påvirke det endelige resultatet.

Basert på personlig erfaring som testleder i prosjektet var det stor individuell forskjell

i hvor mange sett en deltaker brukte for å komme opp mot maksimal motstand. Dette vil påvirke hvor mye energi hvert individ bruker før det endelige og gjeldende resultatet. Det ble observert at ett individ brukte over 4 sett med 6+ repetisjoner før det endelige settet ble utført. Andre brukte som oftest mellom 2-4. En slik variasjon vil være med å påvirke resultatene og dermed reliabiliteten til testene. Videre ble en del resultater fra styrketestene formidlet muntlig til én testleder som noterte ned resultatene. Siden flere tester foregikk samtidig og flere distraherende momenter kan ha oppstått, kan informasjonen som videreformidles bli feil. Dersom testlederen som skal notere resultatene er midt i en styrketest og får informasjon om en annen test, kan informasjon forveksles.

Testene ble gjennomført på samme sted, med det samme utstyret, og til omtrent samme tid ved pre-, midtveis- og posttest. Stedet testene ble gjennomført på har air condition som ikke forandrer seg over tid. Dette er med på å øke reliabiliteten (McGuigan, 2016, s. 253-254). Andre faktorer som øker reliabiliteten, er god planlegging og informasjonsflyt mellom testledere og deltakere (McGuigan, 2016). Hver test ble planlagt i god tid, og deltakerne fikk informasjon i tekstform flere dager i forveien, samt muntlig informasjon før hver test.

Denne oppgaven var en del av et større prosjekt som undersøkte flere variabler, og gjennomførte flere tester. Styrketestene ble gjennomført på dager der hurtighetstest og spensttest ble gjennomført. Selv om disse data ikke er med i denne oppgaven, vil det kunne påvirke styrketestene. Sekvensen var slik at deltakerne gjennomførte hurtighetstest og spensttest før de maksimale styrketestene. En slik sekvens kan gjøre at deltakerne ble mer slitne enn de vanligvis ville blitt (McGuigan, 2016, s. 256). Det er likevel viktig å påpeke at dette var likt ved pretest og posttest, der unntaket er midtveistesten. Det gjaldt også kontrollgruppen.

Oppsummert kan det være flere faktorer og variabler som har påvirket resultatene i styrketestene. Den eventuelle størrelsen på denne påvirkningen er usikker, og det er uklart hvor mye det har hatt å si for resultatene. Resultatene for styrketestene viser statistisk signifikans hos alle gruppene i alle øvelser, med unntak av kontrollgruppens knebøy. Dette tyder på valide, reliable og nøyaktige data. Om økningen i maksimal styrke kunne vært større eller mindre dersom testene ble gjennomført med større reliabilitet er usikkert. Det at oppgaven har en kontrollgruppe er med på å øke reliabiliteten til data. Det er en stor forskjell i økningen til intervensjonsgruppene og kontrollgruppen, selv om de er utsatt for de samme målefeilene. Det virker derfor ikke sannsynlig at målefeil har påvirket resultatene i stor grad.

5.1.1.2 Antropometriske målinger

Kroppsmålingene gjort med Tanita BC-601 er først og fremst tilleggsdata. Vekten er ikke validert gjennom forskning. Selve systemet Tanita bruker er likevel validert, og vekten gir reliable data (Kelly & Metcalfe, 2012; Wang & Hui, 2015). Dette stemmer overens med personlig erfaring ved tidligere bruk i bacheloroppgaven. Alle deltakerne ble bedt om å ha på de samme klærne ved pre- og posttest. De ble også bedt om å spise den samme maten dagen før og på selve testdagen ved pre- og posttest. Dette gjaldt også drikke. En del av usikkerhetsmomentene er dermed tatt rede for. Data viser likevel at ingen av resultatene er statistisk signifikante. Det er en relativt stor feilmargin i målingene. De er likevel interessante å se på, i og med at de kan forklare økningen i maksimal styrke. En nedgang i muskelmasse viser at det ikke er skjedd muskelhypertrofi.

Det var meningen at prosjektet skulle måle omkrets rundt flere kroppsdeler. Blant disse var øvre og nedre arm, bryst, midje, rumpe og lår. Analyser av data viste derimot at målingene var svært unøyaktige. Selv om målingene ble gjort av samme person, var det flere feilkilder. Uten riktig utstyr kan det tenkes at det blir umulig å måle nøyaktig samme sted på kroppen ved pre- og posttest. Disse data kunne blitt brukt dersom laser eller lignende ble brukt, for å sikre at målingene ble gjort på samme sted. Ved å sammenligne omkrets med målingene fra Tanita kunne en enklere fastslått hvor eventuell muskelmasse og tverrsnitt økte.

5.1.1.3 Maksimalt oksygenopptak (VO_2 maks)

Utstyret ble kalibrert for hver deltaker. Alt av utstyr ble vasket og desinfisert for hver bruker. Testlederne sørget for at utstyret var i orden, og at ansiktsmasken passet hver enkelt deltaker. Testene ble ikke startet før deltakerne var komfortable og oppvarmet.

Flere av deltakerne syntes det var ubehagelig å puste med masken. Det kan tenkes at dette har påvirket resultatene noe. Likevel burde det ikke ha noe særlig å si, i og med at VO_2 maks ble redusert ved posttest. Deltakerne var mer komfortable med masken ved posttest. Et moment som derimot kan ha påvirket resultatene er testleder. Det var to ulike testledere ved pre- og posttest. Personlige egenskaper kan ha påvirket hvordan testlederne kommuniserte med deltakerne. Oppfølging underveis og oppmuntring kan ha vært forskjellig hos de to testlederne, som kan ha påvirket deltakernes evne til å presse seg.

Resultatene tyder på at VO_2 maks gikk ned fra pretest til posttest, selv om de ikke var statistisk signifikante. Dette gir mening i forhold til det andre studier viser rundt styrketrening og utholdenhet (Hickson, Rosenkoetter & Brown, 1980; Ishii, Yamakita, Sato, Tanaka & Fujii, 1998). Likevel kan en ikke se bort fra at andre faktorer kan ha påvirket resultatet. Basert på subjektiv observasjon var det tydelig at deltakerne var motiverte ved pretest. De var aktive

i studiene og i idrett utenom, og ville presse seg maksimalt. Ved posttest virket flere av deltakerne småsyke og slitne. Sesong og vær kan ha vært med å påvirke dette. Ved tidlig høst var det mer sol og varmere, mens det var en del mørkere og kaldere ved slutten av prosjektet. Kontrollgruppen viser likevel ingen endring i VO_2 maks, som kan tyde på at slike faktorer ikke har spilt en stor rolle for resultatene.

Oppvarmingen bestod av 10-15 minutters sykling. Basert på observasjon kan det stilles spørsmål ved om intensiteten til deltakerne var nok til å varme opp. Dette kan ha påvirket resultatene. Testen begynner likevel relativt rolig, som burde gi deltakerne nok tid til å bli varme.

5.1.2 Treningene

5.1.2.1 Tilbakemeldinger underveis

Prosjektet hadde til sammen 5 testledere, hvorav 3 studenter og 2 ansatte. De enkelte testlederne gav ofte tilbakemeldinger til de samme personene. Personlige egenskaper, tidligere erfaring, kunnskap og forberedelse kan ha påvirket hvordan hver testleder gav tilbakemelding. Dette vil igjen påvirke utviklingen til deltakerne med tanke på løfteteknikk og motivasjon. En testleder som er «på» hele tiden og motiverer vil kunne skape en ekstra glød i deltakerne, som igjen kan påvirke løftehastigheten. Dersom testleder er mer metodisk og setter søkelys på teknikk, kan dette ta bort fra løftehastigheten. Basert på observasjon er det tydelig at ikke alle fokuserte på maksimal løftehastighet gjennom hele treningsøktene, og heller ikke på hver treningsøkt. Dersom TSG fikk flere tilbakemeldinger rundt løftehastighet enn CSG kan dette være med å påvirke de endelige resultatene.

5.1.2.2 Utstyr og løftehastighet

Gjennom hele prosjektet ble det observert at utstyret som registrerer løftehastighet (Beast Sensor) ofte gav feil data. Den registrerte ofte den eksentriske delen av løftet som en hel repetisjon. Ved å se på alle løftene i rene data er det mulig å luke ut flesteparten av disse. Det vil likevel være et usikkerhetsmoment om data er riktige. Rådata ble derfor gjennomgått, og repetisjoner der hastigheten var ekstremt lav (under 0.4 ms) ble fjernet. Sensoren ga rådata i strukturert form, som gjorde det enklere å luke ut feilmålinger. For CSG viste dette seg igjen dersom det ene minisetet med to repetisjoner kom opp med tre målinger. Den ene målingen hadde som regel mye mindre løftehastighet enn de to andre, og kunne dermed fjernes.

Selv om denne prosessen kan være med å fjerne feildata, finnes det likevel en viss usikkerhet. Dersom data til CSG hadde flere slike feildata vil det kunne påvirke de endelige resultatene og dermed konklusjonene i oppgaven. Resultatene viste at CSG ikke økte løftehastigheten, som strider imot en del forskning (Morales-Artacho et al., 2017; Oliver et

al., 2016; Hansen, Cronin & Newton, 2011). Målefeilene som ble observert kan være en del av forklaringen. Det kan også være at disse studiene har sett på andre deler av løftehastighet. Denne oppgaven så på gjennomsnittet av løftehastighet fra første til siste økt, mens disse studiene ofte ser på størst mulige løftehastighet og løftehastighetens kurve gjennom settene.

5.2 Maksimal styrke

Resultatene i tabell 4.1 og 4.2 viser at begge intervensjonsgruppene økte den maksimale styrken i benkpress og knebøy. Siden resultatene har en p-verdi under 0.05 er de statistisk signifikante. Treningen utvalget gjennomførte har dermed ført til en økning i maksimal styrke. Størrelsesordenen av økningene er store i øvelsen knebøy hos begge gruppene. Den største økningen forekom hos gruppen som trente tradisjonell styrketrening (TSG). Til sammenligning opplevde kontrollgruppen en mindre økning i begge øvelsene enn både TSG og CSG. Selv om TSG hadde en større økning enn CSG, er forskjellen mellom gruppene liten.

Basert på resultatene i denne oppgaven er det lite som tyder på at en cluster-tilnærming vil øke maksimal muskelstyrke mer enn tradisjonell styrketrening (tabell 4.1 og 4.2). Dette gjelder spesielt for måten treningsprogrammene ble lagd og gjennomført i denne studien. CSG hadde 50 sekunders pause mellom settene, mens TSG hadde 90 sekunder. Fra tidligere forskning og litteratur er det dokumentert at nok pause mellom sett er viktig for å øke muskelstyrke (Pescatello et al., 2014; Robinson et al., 1995). En av årsakene til at TSG hadde en litt større økning i maksimal styrke kan derfor henge sammen med lengden av pauser mellom settene. I dette prosjektet hadde begge intervensjonsgruppene lik mengde repetisjoner og sett. Pausene mellom repetisjoner og sett var derimot annerledes. Det blir derfor naturlig å knytte en del av forskjellene til lengden på pausene.

Flere studier har sett på hvordan utførelsen av repetisjoner og pauser påvirker styrke og nevro-muskulære responser (Marshall, Robbins, Wrightson & Siegler, 2012; Korak, Paquette, Brooks, Fuller & Coons, 2017). En av metodene kalles «rest-pause», og beskriver en type trening der det tas pauser mellom settene som er kortere enn vanlig (Marshall et al., 2012, s. 153; Tufano, Brown & Haff, 2017, s. 853-854). Marshall et al. (2012) nevner at denne metoden også inkluderer pause mellom hver repetisjon, noe som gjør at den ligner på clustertrening. Årsaken til at slik trening («rest-pause» og cluster») ikke har vært vanlig før, er blant annet at litteraturen beskriver metabolsk stress og ødeleggelse av muskulaturen gjennom trening til utmattelse som viktige faktorer for muskelvekst og forbedring i nervesystemet (Marshall et al., 2012, s. 154). Det at muskulaturen ikke får nok motstand over tid og dermed

ikke nok metabolsk stress og påkjenning på nervesystemet kan være med å forklare hvorfor CSG fikk en litt lavere utvikling av maksimal styrke enn TSG.

Når CSG tar 10 sekunders pause for hver 2. repetisjon gir det muskulaturen tid til å delvis restituere seg. Det kommer mer oksygen til muskulaturen, og stoffer som hemmer kraftutvikling fraktes bort i større grad. CSG vil derfor oppnå et mindre metabolsk stress enn det TSG vil (Goto, Ishii, Kizuka & Takamatsu, 2005). Ifølge Goto et al. (2005) vil en tilnærming med mer pause føre til mindre veksthormon, testosteron og andre hormonelle responser. Trening uten lengre pauser er videre knyttet til et surere miljø i muskelen i form av redusert PH, som igjen knyttes til større muskelstyrke og muskelhypertrofi (Goto et al., 2005; Rooney, Herbert & Balnave, 1994; Schott, McCully & Rutherford, 1995; Smilios, Piliandis, Karamouzis & Tokmakidis, 2003; Staron et al., 1994). Resultater fra flere av disse studiene viser dermed at mindre pause mellom sett og repetisjoner fører til større økning i styrke. Denne oppgaven viser at forskjellen i økning av maksimal styrke mellom CSG og TSG er relativt liten (28.6 ± 3.7 kg for CSG og 30 ± 1.92 kg for TSG i knebøy, tilsvarende i benkpress). Den totale pausen for CSG og TSG er lik. Begge gruppene har 90 sekunders pause mellom hvert sett. CSG har $10+10+10+10+50=90$ sekunders pause, mens TSG har 90 sekunders pause. Derfor kan det tyde på at lengden på pausene ikke har påvirket resultatet til CSG i veldig stor grad.

I og med at resultatene tyder på økt maksimal styrke uten økning av muskelmasse, vil det være naturlig å tenke at andre faktorer er årsaken. Tufano, Brown & Haff (2017) viser til flere artikler der clustertrening fører til så å si den samme økningen i styrke som tradisjonell styrketrening. Resultatene i denne oppgaven viser omtrent det samme, der TSG har en litt større økning. Det som virker å være annerledes i flere av studiene, er at clustergruppene har gjennomført flere repetisjoner. Dette tillater for større volum, som kan være med å øke den maksimale styrken i større grad. Siden det er regelmessige pauser mellom repetisjoner, vil det tillate muskulaturen å restituere raskere mellom settene. Muskelen kan dermed gjennomføre flere repetisjoner uten å oppnå utmattelse, som kan føre til et større treningsvolum. Det kan også føre til at hver enkelt repetisjon gjennomføres med høyere hastighet. Flere studier viser at hastigheten på repetisjonene forblir høyere under clustertrening sammenlignet med tradisjonell styrketrening (Haff et al., 2003; Hardee et al., 2012a; Hardee et al., 2012b; Tufano et al., 2016). Spørsmålet forblir om dette faktisk er med på å øke den maksimale muskelstyrken. Volum er likevel en faktor som bidrar til økt muskelvekst (Korak et al., 2017). Tabell 4.8 og 4.9 viser at CSG trente med større motstand enn TSG. Dette betyr at CSG trente med større volum. Dersom CSG hadde gjennomført et enda større volum, ville de kunne

oppleve tilnærmet lik eller større økning i muskelstyrke som TSG (Korak et al., 2017).

Siden ingen av gruppene opplevde en økning i muskelmasse, blir det naturlig å knytte økt maksimal styrke til nevralt tilpasning og forbedring i teknikk. For personer som er utrente eller ikke har trent styrketrening før, er det vanlig med stor framgang i starten av treningsperioden (Haakkinen et al., 1998; Staron et al., 1994; Raastad et al., 2010). En stor del av forbedringene skyldes tilpasningen nervesystemet foretar seg (Staron et al., 1994). Siden deltakerne i begge gruppene var ukjente med styrketrening, vil de gjennom treningsperioden ha oppnådd flere fordeler. Blant disse finnes musklernes og nervernes evne til å aktiveres, rekruttering av muskelfibre og synkronisering av motoriske enheter (Staron et al., 1994, s. 1247).

En grunnleggende del av det metabolske stresset er økningen av laktat og H^+ (Schoenfeld, 2013; Herda & Cramer, 2016, s. 49). En grunnleggende faktor i økning av surhet i muskulaturen ligger i hydrolysen av ATP (Herda & Cramer, 2016, s. 49). Denne prosessen forekommer oftere når muskulaturen er under arbeid. Større og mer kontinuerlig arbeid vil dermed skape en økt surhet, mer melkesyre og mer H^+ , som er en del av det metabolske stresset. Det er dermed sannsynlig at TSG har oppnådd større surhet i muskulaturen, siden de ikke hadde pause mellom hver 2. repetisjon. Selv om CSG hadde 40 sekunder kortere pauser mellom sett, vil de små pausene være med å redusere surheten i muskulaturen. Dermed kan økningen i muskelstyrken reduseres (Schoenfeld, 2013). En av utfordringene med denne tolkningen er at det ikke er målt en økning i muskeltverrsnitt. Forskningen som viser det metabolske stressets rolle for muskelvekst peker på muskelhypertrofi som det viktigste resultatet (Schoenfeld, 2013).

Siden det ikke ble målt noen økning i muskelmasse eller muskelhypertrofi kan det tyde på at det mekaniske og metabolske stresset ikke var stort nok (Schoenfeld, 2013). CSG hadde større motstand enn TSG, men det virker ikke som om den var stor nok til å oppnå muskelhypertrofi. Siden CSG hadde større motstand, kan det tenkes at det mekaniske stresset var større. Dette kan ha kompensert for mangel på metabolsk stress, og har dermed ført til relativt lik økning i maksimal styrke som TSG.

En viktig respons til styrketrening er hormonelle forandringer (Kraemer, Vingren & Spiering, 2016, s. 72). Styrketrening skaper fysiologisk stress som stimulerer motoriske enheter og sender signaler som fører til hormonutskillelse (Kraemer, Vingren & Spiering, 2016, s. 72). Kroppen tilpasser seg dermed etter den motstanden den blir utsatt for. Tilpasninger vil blant annet være å endre hormonelle mønstre for å redusere stresset kroppen opplever. Styrketrening kan dermed føre til en økning i forskjellige reseptorer, som blant

annet kan øke testosteronnivået (Kraemer, Vingren & Spiering, 2016). Aktivering av fibre fører til en stimulering av reseptorer og hormoner, som fører til muskelvekst og forandring i styrke (Kraemer, Vingren & Spiering, 2016, s. 72). Siden det ikke ble målt en økning i muskelmasse er det dermed ikke forekommet muskelvekst. Derfor blir det naturlig å knytte en del av økningen til hormonelle forandringer. Den viktigste økningen vil sannsynligvis ligge i evnen til å rekruttere motoriske enheter med høy aktiveringsgrad.

Flere adaptasjoner til styrketrening er mulige i det hormonelle og endokrine systemet (Kramer, Vingren & Spiering, 2016, s. 74). Blant disse finner vi mengden hormoner, hvor lang tid det tar å frakte hormonene, hvor mange reseptorer det er, hvor lang tid reseptorene bruker på å ta opp hormonene og størrelsen på aksjonspotensialene som sendes (Kraemer, Vingren & Spiering, 2016, s. 74). Alle disse kan føre til en økning i maksimal styrke uten noen endring i muskelmasse (Deschenes et al., 1994; Fry et al., 1994). Det er sannsynlig at begge treningsgruppene har opplevd forbedringer i noen av disse faktorene.

Videre ble det observert en betydelig mindre økning i benkpress enn i knebøy. En hormonell årsak til dette kan være at øvelsen knebøy i større grad stimulerer produksjon av testosteron (Kraemer, Vingren & Spiering, 2016, s. 75). En slik økning i testosteron er ikke funnet for trening med øvelsen benkpress (Fahey, Rolph, Moungmee, Nagel & Mortara, 1976; Hakkinen, Pakarinen, Alen, Kauhanen & Komi, 1988). Tung styrketrening har vist å gi en akutt økning i fritt testosteron hos både menn og kvinner (Kramer, Vingren & Spiering, 2016, s. 76). Denne økningen kan være interessant å trekke inn senere i forhold til løftehastighet. Knebøy er videre en øvelse som benytter større deler av kroppen enn benkpress. En aktivering av flere og større muskler kan påvirke flere kroppslige egenskaper, blant annet hormonutskillelse.

Effektiviteten til synapser er funnet å spille en rolle til forbedringer i maksimal styrke (Gabriel, Kamen & Frost, 2006). Gjennom trening vil kjemiske og morfologiske egenskaper ved motoriske enheter endres, slik at nervene sendes med en hurtigere hastighet (Gabriel, Kamen & Frost, 2006).

5.2.1 Teknikk

Gjennom veiledning og tilbakemeldinger på hver treningsøkt har utvalget fått gode muligheter til forbedring av teknikk. Standarden for riktig teknikk ble basert på manualen til NSCA (Sands, Wurth & Hewit, 2012). Teknikk ble også basert på Caulfield & Berninger (2016). Alle som gav veiledning og tilbakemelding var kjent med innholdet, og har personlig

grunnlag gjennom egen trening, erfaring og jobb til å rette på tekniske feil i øvelsene knebøy og benkpress. Basert på egen observasjon forbedret alle deltakernes teknikk seg drastisk fra første til siste økt.

Riktig løfteteknikk har stor betydning både for å unngå skader, og får å kunne løfte tyngre motstand. I øvelsen benkpress vil teknikk være med å bestemme hvilke muskler som aktiveres og i hvor stor grad de aktiveres. En vanlig feil som ble observert i begynnelsen av treningsperioden, var at flere løftet vekten fra brystet og utover eller nedover mot mageregionen. Dette gjorde løftet ustabil, og deltakerne var ofte usikre på vekten. Vektstangen bevegde seg ofte fra side til side, og var ikke vannrett. Den ene albuen var ofte mer strukket ut enn den andre. Riktig teknikk er å bevege vekten fra brystet i en skråbevegelse opp mot ansiktet (Sands, Wurth & Hewit, 2012, s. 53-54). Det betyr at vektstangen er over hake og munn når armene er strake. Etter tilbakemeldinger og flere ukers trening ble dette forbedret gradvis. Deltakerne ble mer selvsikre, og bevegelsen foregikk mer flytende. Basert på observasjon har dette påvirket løftehastigheten. Resultatene fra TSG viser at løftehastigheten økte fra første til siste økt i øvelsen benkpress. Observasjonene stemmer overens med data, og kan blant annet knyttes til en slik forbedring i teknikk.

Flere hadde problemer med hvordan de holdt vektstangen i begynnelsen. Noen hadde for lite mellomrom mellom hendene, mens andre hadde for stort. En vanlig feil hos flertallet var å bøye håndleddet 90 grader, og ha vektstangen for langt oppover hånden. Dette ble forbedret etter hvert, og var sterkt forbedret ved siste treningsøkt. Det er ønskelig å ha så strakt håndledd som mulig, der vektstangen hviler rundt midten av håndflaten (Sands, Wurth & Hewit, 2012). En av årsakene er at retningen fra albue til håndledd skal være så strak som mulig. Balanse og kontroll vil også spille en rolle i denne sammenheng. Håndleddet skal være strakt, og underarmene skal være loddrette i forhold til gulvet og parallelle i forhold til hverandre (Caulfield & Berninger, 2016, s. 371). I starten hadde de fleste lite kontroll over bevegelse og posisjon av håndledd, underarm og albue.

De fleste plasserte hodet for langt bak på benken. Riktig startposisjon er å ha øynene rett under vektstangen når den står plassert i stativet (Caulfield & Berninger, 2016, s. 371). I starten var det flere som hadde hodet så langt bak at stangen var over hals og hake. Dette er en av årsakene til at de i starten hadde en bevegelsesbane fra bryst og nedover mot mage og bein. Det var ikke plass til å løfte stangen rett opp eller litt skrått oppover. Etter tilbakemeldinger ble dette rettet opp hos alle i løpet av kort tid.

Knebøy er en teknisk styrkeøvelse som krever god teknikk. Flere av deltakerne hadde svært dårlig teknisk gjennomførelse av knebøy i starten. En viktig del av forbedring i teknikk

er samspill mellom agonister og antagoniser, samt at muskelaksjonene gjennomføres til riktig tid (Raastad et al., 2010, s. 19). I øvelsen knebøy er det nødvendig for store deler av kroppen å arbeide sammen. I den eksentriske fasen i knebøy er det nødvendig at lårmuskulaturen (M. quadriceps femoris) og rumpemuskulaturen (M. gluteus maximus) ikke kontraherer. I konsentriske fase er det lår- og rumpemuskulaturen som aktiveres og kontraherer. I denne fasen er de agonister, som gjør at hamstrings og hoftefleksorer blir antagoniser. Når agonistene skal aktiveres, må antagonistene unngå kontrahering. Dersom de ikke gjør det, vil utførelsen skje med feil teknikk og lavere kraft. Ankelen vil også være med i denne prosessen. I den eksentriske fasen foretar ankelen en dorsalfleksjon. Enkelt forklart betyr det at musklene på fremre legg må kontrahere, mens de bakre må frastå fra kontraksjon. Kjernemuskulaturen er også viktig for å opprettholde strak rygg og generell balanse og stabilitet. Dersom alle disse bevegelsene og muskelgruppene ikke koordineres, vil det forverre teknikken og begrense kraftutviklingen.

I starten var utførelsen i stor grad preget av lav koordinasjon mellom flere muskelgrupper. Føttene var plassert på upraktiske måter. Dersom en linjal ble plassert foran begge storetærne ville den ene vært et par centimeter bak den andre. I den eksentriske fasen ble overkropp, rygg og hode bøyd for langt fremover. Flere slet med balansen i gjennomføringen. Knærne til flere bevegde seg innover, som er ønskelig å unngå (Raastad et al., 2010, s. 446; Sands, Wurth & Hewit, 2012). I den konsentriske fasen var det lite koordinasjon mellom ankel, kne og hoft. En god gjennomførelse kjennetegnes av samspill mellom disse. Kneleddet bøyes, hoften skytes ut og overkroppen lenes delvis fremover. Basert på observasjon kunne flere av gjennomføringene i starten karakteriseres som motorisk klossete. Overkroppen ble bøyd for langt fremover, og for tidlig. I den konsentriske fasen ble ryggen værende i fremoverlent posisjon til kne og hoft var tilbake i normalposisjon.

Begge gruppene kunne karakteriseres som utrente i styrketrening i starten. De var ikke kjent med bevegelsene, som ble tydelig i utførelsen. Underveis gjennom treningene ble teknikk og utførelse gradvis forbedret. Dette henger sammen med både tilbakemeldinger, korreksjoner og kroppslig læring. Ved å sammenligne gjennomførelse av øvelsene og generell teknikk ved første og siste treningsøkt, kan en knytte en del av forbedringen i maksimal styrke til disse faktorene. Forbedret samspill og koordinasjon mellom agonister, antagoniser og synergister har mest sannsynlig vært med å øke den maksimale styrken fra pre- til posttest (Raastad et al., 2010). Det at muskelaksjonene foretas til riktig tid kan også være med å forklare økningen (Raastad et al., 2010). Når deltakerne lærte å koordinere bevegelsen til rygg og overkropp i forhold til kne og hoft, vil de kunne gjennomføre øvelsen med større kraft og

eksplosivitet. Gjennom treningen og personlig erfaring vil de videre ha erfart hva som er gunstig stilling til både bein og ledd (Raastad et al., 2010). Det ble observert at enkelte endret avstand mellom beina gjennom treningsukene. Med andre ord tilpasset de seg treningen, og fant ut hva som passet best for dem.

Det må understrekes at drøftingen rundt teknikk er subjektiv. Den er basert på observasjon av én person. Siden det ikke ble gjort videoopptak av gjennomførelsen er det ikke mulig å dokumentere eventuelle endringer i teknikk. Selv med videoopptak vil det fremdeles være subjektive meninger om riktig teknikk. Videre blir det umulig å fastslå hvor mye forbedret teknikk har hatt å si for økningen. Det blir ren spekulasjon å gjette hvor mange kg økning forbedret teknikk forårsaket.

5.2.2 Forbedringer i nervesystemet

Raastad et al. (2010, s. 19) viser til sentralnervesystemet som en viktig del i økningen av kraftutvikling og styrke i muskulaturen som følge av styrketrening. Graden av aktivering av de motoriske enhetene er et av de viktigste momentene til denne økningen. En studie fant at styrketrening førte til den samme forbedringen i sentralnervesystemet som motorisk ferdighetstrening (Leung, Rantalainen, Teo & Kidgell, 2015). Styrketrening gjør nervesystemet mer plastisk, som er med på å forbedre rekrutteringen av motoriske enheter (Leung, Rantalainen, Teo & Kidgell, 2015). En forbedring av denne rekrutteringen er nødvendig for å oppnå maksimal kraftutvikling i muskulaturen (Raastad et al., 2010, s. 28-29). I teoridelen ble fyringsfrekvensen nevnt som en viktig faktor for å oppnå stor nok kalsiumkonsentrasjon, slik at maksimal binding mellom aktin og myosin forekommer. En studie tyder derimot på at fyringsfrekvensen til de motoriske enhetene ikke forbedres gjennom styrketrening (Hester, Pope, Benik & DeFreitas, 2016). Vila-cha, Falla & Farina (2010) fant at fyringsfrekvensen ble forbedret hos de som trente styrketrening, men ikke hos de som trente utholdenhet. Konsensus virker likevel å være at styrketrening ikke påvirker fyringsfrekvensen til de motoriske enhetene (Stock & Thompson, 2014). Sistnevnte studie undersøkte over 2000 motoriske enheters fyringsfrekvens, og fant ingen økninger etter 10 ukers styrketrening (Stock & Thompson, 2014). Det naturlige vil derfor være å knytte de første forbedringene i nervesystemet til rekrutteringen av motoriske enheter.

Evnen til å rekruttere motoriske enheter blir ofte forbedret etter styrketrening (Nuzzo, Barry, Jones, Gandevia & Taylor, 2017). En ny studie fastslår med stor sikkerhet at forbedringer i kraftutvikling etter 4 ukers styrketrening er knyttet til rekruttering av motoriske enheter (Del Vecchio et al., 2019). En forbedring i måleutstyr er en av årsakene til at dette er blitt mulig å måle med større nøyaktighet (Del Vecchio et al., 2019; Del Vecchio, Negro,

Felici & Farina, 2017). Del Vecchio et al. (2019) fant blant annet at de motoriske enhetene ble rekruttert raskere. Med andre ord ble de samme motoriske enhetene rekruttert ved lavere motstand. Siden TSG og CSG økte betydelig i maksimal styrke uten økning i muskelmasse, er det naturlig å knytte forbedringen til nervesystemet. Mye av forskningen på området viser at styrketrening fører til en forbedring i rekrutteringen av motoriske enheter, spesielt hos utrente individer (Del Vecchio et al., 2019; Vila-Cha, Falla & Farina, 2010). Deltakerne i denne oppgaven var ukjente med styrketrening. Det er derfor naturlig å knytte forbedringen til blant annet økning i antall rekrutterte motoriske enheter.

En vanlig forbedring som følge av styrketrening er nervesystemets evne til å aktivere rett muskulatur til rett tid (Sale, 1988; Carroll, Riek & Carson, 2001). I drøftingen rundt teknikk ble det nevnt at flere hadde motorisk klossete bevegelser. Dette betyr at kroppen ikke aktiverte rett muskulatur til rett tid. Gjennom treningsperioden har nervesystemet tilpasset seg gradvis, og lært til hvilket tidspunkt visse motoriske enheter skal rekrutteres. Etter styrketrening er det vanlig med flere og sterkere nervesignaler, der motoriske enheter rekrutteres raskere og lettere (Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson & Dyhre-Poulsen, 2002). Der det ikke måles økning i muskelmasse og muskelhypertrofi knyttes økning i muskelstyrke i stor grad til sterkere nervesignaler (Moritani & deVries, 1979). Disse signalere rekrutterer store og små motoriske enheter i større grad, som gjør at muskelen klarer å skape større kraft (Aagaard et al., 2002).

Når det ikke måles en økning i muskelmasse knyttes forbedringer i maksimal styrke til faktorer i nervesystemet (Gabriel, Kamen & Frost, 2006). Tre viktige egenskaper som kan påvirke den maksimale styrken er fyringsfrekvensen av motoriske enheter, en ekstra firing i en individuell motorisk enhet, og bedre synkronisering av motoriske enheter (Gabriel, Kamen & Frost, 2006, s. 133-134). Synkroniseringen av motoriske enheter er spesielt interessant, siden det vil påvirke hvordan antagonister reagerer i et løft. Dersom m. biceps brachii aktiveres i kontraksjonsfasen i benkpress vil det hemme løftet. Et komplett fravær av aktivering vil derimot føre til ustabilitet, og påvirke løftet negativt (Gabriel, Kamen & Frost, 2006). Styrketrening er derfor med på å forbedre nervesystemet, slik at riktige muskler aktiveres til riktig tid og på rett måte, og med riktig styrke.

En av grunnene til at rekruttering av motoriske enheter sannsynligvis er hovedårsaken til økning i styrke, ligger i at mennesker ikke klarer å aktivere hele muskelen frivillig (Gabriel, Kamen & Frost, 2006; Dowling, Konert, Ljucovic & Andrews, 1994; Knight & Kamen, 2001). Styrketrening forbedrer aktiveringsevnen, slik at større deler av muskulaturen kan kontrahere frivillig. Gabriel, Kamen & Frost (2006) viser til studier der fyringsfrekvensen

ble forbedret etter 6 ukers styrketrening. Det understrekes igjen at økning i maksimal styrke uten hypertrofi kan forklares av en økning i fyringsfrekvensen til de motoriske enhetene (Gabriel, Kamen & Frost, 2006).

En viktig del av nervesystemets jobb er å koordinere ulike muskelgrupper. Samspillet mellom agonister og antagonister kan være med å forklare forbedringen til TSG og CSG. For at en agonist skal utføre et maksimalt arbeid på best mulig måte, avhenger den av at antagonisten ikke skaper arbeid i motsatt retning. Synkroniseringen av motoriske enheter er vist å være en del av forklaringen til økning i maksimal styrke (Gabriel, Kamen & Frost, 2006).

5.3 Maksimal løftehastighet

En del av underproblemstillingen var om clustertrening kunne øke løftehastighet mer enn tradisjonell styrketrening (TSG). Treningsdata i tabell 4.8 og 4.9 viser at det kun var TSG som opplevde en økning i maksimal løftehastighet. Selv om resultatene ikke var statistisk signifikante, var løftehastigheten til clustergruppen (CSG) mer usikker enn TSG. Endringen i motstanden er ikke nevneverdig forskjellig mellom de to gruppene. Det som likevel vises, er at CSG hadde betydelig større vekt både ved første og siste økt enn TSG.

Gjennomsnittsvekten ved første økt for TSG var 40 ± 19.9 kg i benkpress og 59 ± 18.6 kg i knebøy. Den tilsvarende vekten for CSG var 49.2 ± 23.5 kg og 70.4 ± 24 kg. Dette betyr at CSG har løftet større gjennomsnittlig vekt enn TSG. CSG har likevel klart å ha høyere maksimal løftehastighet ved første økt i benkpress, og tilnærmet lik løftehastighet i knebøy.

Resultatene viser at CSG ikke opplevde noen økning i maksimal løftehastighet, tvert imot en liten nedgang. Dersom clustertrening har som mål å opprettholde høy løftehastighet og utvikle muskelens evne til kraftutvikling ville det vært naturlig å tenke at CSG målte en økning fra første til siste økt. I stedet er det TSG som viser denne økningen i løftehastighet og kraftutvikling. Økningen i maksimal løftehastighet i benkpress for TSG var veldig stor ($d = 1.66$), samtidig som de økte med tilsvarende vekt som CSG. TSG opplevde videre en større økning i maksimal styrke (1RM) i både benkpress og knebøy (tabell 4.1).

Usikkerhetsmomentene rundt testene må tas med i denne vurderingen. Siden det er flere variabler som ikke er gjort rede for, kan testing ved både pre- midtveis- og posttest ha gikk unøyaktige resultater. Dersom TSG har hatt én testleder og CSG en annen, kan dette ha påvirket resultatene. For eksempel kunne det ved midtveistest skje at hele TSG-gruppen

presterte dårligere på 1RM-testene, som førte til at de ikke fikk den økningen i motstand de egentlig skulle hatt. Dermed kan økningen i maksimal løftehastighet være unøyaktig. Dette blir selvfølgelig spekulering, siden det ikke er mulig å kontrollere disse variablene.

En faktor som kan spille inn i forskjellene i maksimal løftehastighet er det metabolske stresset. Noe forskning tyder på at en økning i det metabolske stresset kan føre til en økning i rekrutteringen av motoriske enheter (Schoenfeld, 2013; Takarada et al., 2000; Miller et al., 1996). Dette kan bety at TSG har klart å oppnå en større forbedring i løftehastighet fordi de hadde et større metabolsk stress under treningene. Årsaken tenkes å være en økt rekruttering av type II-fibre som følge av utmattelse av type I-fibre (Schoenfeld, 2013; Takarada et al., 2000; Miller et al., 1996). En nyere studie tyder på at en årsak kan være en økning i frie radikaler (Debold, 2012). Tanken er at en slik økning fører til en økning i rekruttering av muskelfibre (Schoenfeld, 2013; Debold, 2012). Hvis TSG har hatt et større metabolsk stress gjennom treningene kan det over tid ha ført til en stor forbedring i løftehastighet. Motoriske enheter og muskelfibre blir rekruttert i større grad, som skaper større kontraksjonshastighet.

Det er funnet at tung styrketrening der motstanden er over 80% av 1RM kan øke mengden fritt testosteron (Kraemer, Vingren & Spiering, 2016, s. 75). Dersom en slik økning har oppstått underveis i treningsperioden hos TSG, kan den være med å forklare forskjellen i økning av maksimal løftehastighet. Utfordringen med en slik tolkning er at TSG hadde en motstand på 70% av 1RM. Det er likevel et interessant moment, og det bør forskes mer på hvilken effekt clustertrening har på fritt testosteron. Forskning viser likevel at testosteron spiller en svært viktig rolle i kroppens tilpasning til styrketrening, som inkluderer økning i maksimal styrke (Kvorning, Andersen, Brixen & Madsen, 2006). Om dette påvirker den maksimale løftehastigheten er derimot mer usikkert.

Et viktig poeng rundt løftehastighet, er at tidligere studier ofte har sett på opprettholdelsen av løftehastighet gjennom settene, og ikke nødvendigvis gjennomsnittlig løftehastighet ved første og siste økt. Tufano et al. (2016) fant at løftehastigheten ble opprettholdt bedre gjennom settene i clustertrening, og at den maksimale gjennomsnittlige løftehastigheten var større hos clustergruppen. En utfordring i tolkning av data er at de ikke viser til motstanden til de ulike gruppene. I denne oppgaven hadde CSG tyngre motstand både i benkpress og knebøy. Motstanden til CSG ved første økt var 49.2 ± 23.5 kg i øvelsen benkpress. TSG hadde en motstand på 40 ± 19.9 kg. En høyere motstand vil bety lavere løftehastighet. Dette forklarer likevel ikke hvorfor CSG ikke klarte å øke den maksimale løftehastigheten, selv om begge gruppene hadde omtrent like stor økning i motstand fra første til siste økt. Hvis vi ser på øvelsen knebøy, hadde CSG omtrent like stor løftehastighet som

TSG i første økt. CSG hadde en maks løftehastighet på 0.87 ± 0.16 ms mens TSG hadde 0.88 ± 0.14 ms. Dette til tross for at motstanden til TSG var 59 ± 18.6 kg og CSG hadde 70.4 ± 24 kg. Dersom motstanden tas med i betraktningen, vil det tyde på at CSG faktisk klarer å opprettholde større løftehastighet gjennom settene enn TSG.

En større gjennomsnittlig vekt/motstand vil bety et større volum dersom repetisjoner og sett forblir det samme. Selv om begge gruppene gjennomfører trening på 70% av 1RM, vil en høyere motstand gi større volum. Siden CSG i gjennomsnitt har hatt større motstand i begge øvelsene gjennom begge treningsprogrammene, vil de ha hatt større volum. Dette kan være med å forklare årsaken til at CSG ikke opplevde noen økning i maksimal løftehastighet fra første til siste økt. Det vanlige er likevel at en clusterkonfigurasjon klarer å opprettholde løftehastigheten gjennom settene bedre enn tradisjonell styrketrening (Tufano et al., 2016).

I en studie som målte forskjellene mellom cluster og tradisjonell styrketrening hos eldre, fant de at clustertrening i større grad forbedret funksjonsnivå og livskvalitet (Campillo et al., 2018). Begge gruppene skulle gjennomføre treningen med høy løftehastighet. Forskjellen mellom gruppene var at clustergruppen fikk 30 sekunders pause mellom hver 2. repetisjon, mens den tradisjonelle gruppen fikk 150 sekunder etter hvert sett av 8 repetisjoner. Dette betyr at ulike konfigurasjoner av clustertrening kan påvirke andre faktorer bedre enn tradisjonell styrketrening. I denne prosjektet ble det ikke funnet en økning i løftehastighet hos CSG.

5.4 Antropometriske målinger

Antropometriske og kroppslige målinger er nyttig tilleggsinformasjon som kan hjelpe til forståelse av endringene i maksimal styrke og løftehastighet. På grunn av feilmålinger er flere data utelatt fra oppgaven, blant annet omkretsmålinger. Disse ville vært gode data, og kunne sagt mer om målingene fra Tanita BC-601. Blant de antropometriske målingene som ble tatt med, var ingen statistisk signifikante. Dette begrenser hva data kan brukes til. Det kan videre indikere at måleverktøyet er unøyaktig. Likevel vil data hjelpe oss til å trekke riktig konklusjon. Dette gjelder i spørsmålet om hvorfor TSG og CSG økte sin maksimale styrke. Det er ingen antropometriske målinger som tyder på at intervensjonsgruppene har fått økt muskelmasse fra pre- til posttest. Dersom de ikke har fått økt muskelmasse, er det lite sannsynlig at musklene har gjennomgått hypertrofi. Tverrsnittet har dermed ikke økt, og kan ikke forklare økningen i maksimal styrke.

Dersom data hadde vist en økning i tverrsnitt, ville det vært naturlig å knytte økt styrke til flere sarkomerer i parallell (Raastad et al., 2010, s. 20). Data tyder derimot ikke på det.

Derfor er det sannsynlig at faktorer i nervesystemet og forbedret teknikk har hatt stor betydning for økningen i maksimal styrke.

5.5 Maksimalt oksygenopptak

Det maksimale oksygenopptaket økte ikke hos noen av gruppene. Det ble målt en reduksjon hos både CSG og TSG. Kontrollgruppen opplevde ingen endring. Resultatene for VO_2 maks er ikke statistisk signifikante. Den største nedgangen i VO_2 maks ble sett i CSG. Kroppsvekten til CSG målte en mindre økning enn TSG. Vekt vil dermed ikke være med å forklare årsaken til reduksjonen i maksimalt oksygenopptak.

Det at TSG og CSG ikke økte VO_2 maks etter en 8-ukers styrketreningsperiode er forventet. Det er rimelig sikkert at styrketrening ikke fører til en økning i maksimalt oksygenopptak. I en studie ble det ikke funnet forbedringer i parameter tilsvarende det maksimale oksygenopptaket etter 8 ukers styrketrening hos utholdenhetsutøvere (Damasceno et al., 2018). Det studier finner er derimot at styrketrening ofte forbedrer arbeidsøkonomi (Sunde et al., 2010). Ofte er det helt andre faktorer en VO_2 maks som blir forbedret, blant annet økt maksimal kraftutvikling og at hastigheten på kontraksjonen er større ved samme belastning (Østerås, Helgerud & Hoff, 2002).

Data tyder likevel på at CSG fikk en liten økning i maksimal hjertefrekvens fra pre- til posttest. Med en p-verdi på 0.060 er den ikke langt unna å være statistisk signifikant. Kontrollgruppen målte en statistisk signifikant økning i maksimal hjertefrekvens fra pre- til posttest, med en økning på 6.75 ± 1.6 . Det er interessant at idrettsstudentene som trente styrketrening utenom studiene ikke fikk en signifikant økning i maksimal hjertefrekvens. Det er vanlig for studentene å være svært aktive i undervisning i perioden denne oppgaven ble gjennomført. Data kan tyde på at styrketreningen har begrenset CSG og TSG sin evne til å øke maksimal hjertefrekvens. Det kan være at styrketreningen har krevd såpass mye restitusjon at de ikke har prestert like hardt i aerobe aktiviteter. Dette kan også være en forklaring i hvorfor det maksimale oksygenopptaket ble redusert.

Det blir vanskelig å vurdere om arbeidsøkonomien til CSG eller TSG er forbedret som følge av styrketrening. Dersom hurtighetsdata hadde vært med i denne oppgaven, kunne man lettere vurdert hvordan knebøy har påvirket løpshastighet og arbeidsøkonomi.

6 Konklusjon

Resultatene tyder på at tradisjonell hypertrofistyrketrening gir relativt like forbedringer i maksimal styrke som clustertrening. Resultatene indikerer at tradisjonell styrketrening kan forbedre den maksimale løftehastigheten fra første til siste økt etter 8 ukers trening. Videre viser resultatene at maksimal løftehastighet er lettere å opprettholde gjennom settene med høyere motstand dersom treningen gjennomføres med en clustertilnærming. Ingen av treningsformene førte til en økning i muskelmasse eller muskeltverrsnitt. Siden det ikke ble målt nevneverdige endringer i muskelmasse er det naturlig å knytte forbedringer i maksimal styrke til nevromuskulær tilpasning. Videre er det sannsynlig at forbedring i utførelse og teknikk har ført til en økning i maksimal styrke. Det ble ikke målt forbedringer i maksimalt oksygenopptak hos intervensjonsgruppene.

Det er ønskelig at flere undersøker effekten til forskjellige konfigurasjoner av clustertrening. Ulike lengder på pauser mellom repetisjoner og sett bør undersøkes. Det totale volumet bør undersøkes, spesielt økning av volum. Videre bør metodene sammenlignes der motstanden er den samme for begge gruppene. Løftehastighetens progresjon gjennom treningene og underveis bør kartlegges i detalj. Clusterkonfigurasjoner bør også sammenlignes med andre styrketreningsformer, for eksempel maksimal styrketrening. For å kartlegge årsaken til forbedringer i styrke, anbefales det at studier inkluderer målinger av motoriske enheter og fyringsfrekvens. Dette for å sammenligne metodene og se etter forskjeller og likheter i nervesystemets tilpassing til styrketrening.

Litteraturliste

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P. & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. *Journal of Applied Physiology*, 92(1), 2309-2318.
- American College of Sports Medicine. (1990). American college of sports medicine position stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(2), 265-274.
- Anning, J. (2012). Aerobic Power. I T. Miller (Red), *NSCA's Guide to Tests and Assessments* (1. Utg, s. 102-104). USA: Human Kinetics.
- Basset, D. R. jr. & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(1), 80-84.
- Berchtold, A. (2016). Test-retest: Agreement or reliability? *Methodological Innovations*.
- Burd, N. A., Holwerda, A. M., Selby, K. C., West, D. W., Staples, A. W., Cain, N. E., ... Phillips, S. M. (2010). Resistance exercise volume affects myofibrillar protein synthesis and anabolic signalling molecule phosphorylation in young men. *The Journal of Physiology*, 588(16), 3119-3130.
- Carefusion (2016). *Vyntus CPX*. [Brosjyre]. Hoechberg: Carefusion.
- Carroll, T. J., Riek, S. & Carson, R. G. (2001). Neural Adaptations to Resistance Training. *Sports Medicine*, 12(1), 829-840.
- Caulfield, S. & Berninger, D. (2016). Exercise Technique for Free Weight and Machine Training. I G. G. Haff & N. T. Triplett (Red.). (2016). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4. Utgave, s. 351-408). Champaign: Human Kinetics.
- Damasceno, M., Pasqua, L., Gaspari, A., Araujo, G., de-Oliveira, F., Lima-Silva, A. & Bertuzzi, R. (2018). Effects of strength training on bioenergetics parameters determined at velocity corresponding to maximum oxygen uptake in endurance runners. *Science & Sports*, 33(6), 263-270.
- Debold, E. P. (2012). Recent Insights into the Molecular Basis of Muscular Fatigue. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(8), 1440-1452.

- Del Vecchio, A., Casolo, A., Negro, F., Scorcelletti, M., Bazzucchi, I., Enoka, R., Felici, F. & Farina, D. (2019). The increase in muscle force after 4 weeks of strength training is mediated by adaptations in motor unit recruitment and rate coding. *The Journal of Physiology*, 597(7), 1873-1887.
- Del Vecchio, A., Negro, F., Felici, F. & Farina, D. (2017). Associations between motor unit action potential parameters and surface EMG features. *Journal of Applied Physiology*, 123(4), 835-843.
- Deschenes, M. R., Kraemer, W. J., Bush, J. A., Doughty, T. A., Kim, D., Mullen, K. M. & Ramsey, K. (1998). Biorhythmic influences on functional capacity of human muscle and physiological responses. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(1), 1399-1407.
- Dowling, J. J., Konert, E., Ljucovic, P. & Andrews, D. M. (1994). Are humans able to voluntarily elicit maximum muscle force? *Neuroscience Letters*, 179(1-2), 25-28.
- Drinkwater, E. J., Lawton, T. W., McKenna, M. J., Lindsell, R. P., Hunt, P. H. & Pyne, D. B. (2007). Increased number of forced repetitions does not enhance strength development with resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 841-847.
- Di Naso, J. J., Pritchet, B. L., Emmett, J. D., Owen, J. D., Willardson, J. M., Beck, T. W., DeFreitas, J. M & Fontana, F. E. (2012). Comparing thigh muscle cross-sectional area and squat strength among national class Olympic weightlifters, powerlifters and bodybuilders. *International SportMed Journal*, 13(2), 48-57.
- Fahey, T. D., Rolph, R., Moungee, P., Nagel, J. & Mortara, S. (1976). Serum testosterone, body composition, and strength of young adults. *Journal of Medicine & Science in Sports*, 8(1), 31-34.
- Farina, D., Fosci, M. & Merletti, R. (2002). Motor unit recruitment strategies investigated by surface EMG variables. *Journal of Applied Physiology*, 92(1), 235-247.
- Folland, J. P., Irish, C. S., Roberts, J. C., Tarr, J. E. & Jones, D. A. (2002). Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *British Journal of Sports Medicine*, 36(1), 370-373.

- Fry, A. C., Kraemer, W. J., Stone, M. H., Warren, B. J., Fleck, S. J., Kearney, J. T & Gordon, S. E. (1994). Endocrine responses to overreaching before and after 1 year of weightlifting. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 19(1), 400-410.
- Gabriel, D. A., Kamen, G. & Frost, G. (2006). Neural Adaptations to Resistive Exercise: Mechanisms and Recommendations for Training Practices. *Sports Medicine*, 36(2), 133-149.
- Garber, C. E., Blissmer B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., . . . Swain, D. P. (2011). American college of sports medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7), 1334-1359.
- Goto, K., Ishii, N., Kizuka, T. & Takamatsu, K. (2005). The Impact of Metabolic Stress on Hormonal Responses and Muscular Adaptations. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(6), 955-963.
- Haff, G. G. & Triplett, N. T. (Red.). (2016). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4. utgave). Champaign: Human Kinetics.
- Haff, G., Whitley, A., McCoy, L. B., O'Bryant, H. S., Kilgore, J. L., Haff, E. E, Pierce, K. & Stone, M. H. (2003). Effects of different set configurations on barbell velocity and displacement during a clean pull. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 95-103.
- Haakkinen, K., Kallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Lassila, H., Malkia, E., Kraemer, W. J., Newton, R. U. & Alen, M. (1998). Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA and force during strength training in middle-aged and older people. *Journal of Applied Physiology*, 84(1), 1341-1349.
- Hakkinen, K., Pakarinen, A., Alen, M., Kauhanen, H. & Komi, P. V. (1988). Daily hormonal and neuromuscular responses to intensive strength training in 1 week. *International Journal of Sports & Medicine*, 9(1), 422-428.
- Hardee, J. P., Lawrence, M. M., Utter, A. C., Triplett, N. T., Zwetsloot, K. A & McBride, J. M. (2012a). Effect of inter-repetition rest on ratings of perceived exertion during multiple sets of the power clean. *European Journal of Applied Physiology*, 112(1), 3141-3147.

- Hardee, J. P., Triplett, N. T., Utter, A. C., Zwetsloot, K. A & McBride, J. M. (2012b). Effect of interrepetition rest on power output in the power clean. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(1), 883-889.
- Hansen, K. T., Cronin, J. B. & Newton, M. J. (2011). The Effect of Cluster Loading on Force, Velocity, and Power During Ballistic Jump Squat Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(1), 455-468.
- Hather, B. M., Tesch, P. A., Buchanan, P., & Dudley, G.A. (1992). Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance training. *Acta Physiologica Scandinavica*, 143(2), 177-185
- Herda, T. J. & Cramer, J. T. (2016). Bioenergetics of Exercise and Training. I G. G. Haff & N. T. Triplett (Red.). (2016). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4. Utgave, s. 43-64). Champaign: Human Kinetics.
- Hester, G. M., Pope, Z. K., Benik, F. M. & DeFreitas, J. M. (2016). Effects of Short-term Strength Training on Maximal Motor Unit Firing Rates and Antagonist Co-activation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(1), 406.
- Hickson, R. C., Rosenkoetter, M. A. & Brown, M. M. (1980). Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(5), 336-339.
- Hornberger, T. A. & Chien, S. (2006). Mechanical stimuli and nutrients regulate rapamycin-sensitive signaling through distinct mechanisms in skeletal muscle. *Journal of Cellular Biochemistry*, 97(6), 1207-1216.
- Ishii, T., Yamakita, T., Sato, T., Tanaka, S. & Fujii, S. (1998). Resistance Training Improves Insulin Sensitivity in NIDDM Subjects Without Altering Maximal Oxygen Uptake. *Diabetes Care*, 21(8), 1353-1355.
- Kelly, J. & Metcalfe, J. (2012). Validity and reliability of body composition analysis using the Tanita BC418-MA. *Journal of Exercise Physiology Online*, 15(6), 74-83.
- Knight, C. A. & Kamen, G. (2001). Adaptations in muscular activation of the knee extensor muscles with strength training in young and older adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 11(1), 405-412.

- Kuo, I. Y. & Ehrlich, B. E. (2015). Signaling in Muscle Contraction. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 7(2).
- Kvorning, T., Andersen, M., Brixen, K. & Madsen, K. (2006). Suppression of endogenous testosterone production attenuates the response to strength training: A randomized, placebo-controlled, and blinded intervention study. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 291(1), 1325-1332.
- Korak, J. A., Paquette, M. R., Brooks, J., Fuller, D. K. & Coons, J. M. (2017). Effect of rest-pause vs. traditional bench press training on muscle strength, electromyography, and lifting volume in randomized trial protocols. *European Journal of Applied Physiology*, 117(9), 1891-1896.
- Kraemer, W. J., Vingren, J. L. & Spiering, B. A. (2016). Endocrine Responses to Resistance Exercise. I G. G. Haff & N. T. Triplett (Red.). (2016). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4. Utgave, s. 65-86). Champaign: Human Kinetics.
- Krieger, J. W. (2010). Single vs. multiple sets of resistance exercise of muscle hypertrophy: A metaanalysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 1150-1159.
- Leung, M., Rantalainen, T., Teo, W. & Kidgell, D. (2015). Motor skill training and strength training are associated with the same plastic changes in the central nervous system. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(1), 19.
- Mangine, G. T., Hoffman, J. R., Gonzalez, A. M., Townsend, J. R., Wells, A. J., Jajtner, A. R., ... Stout, J. R. (2015). The effect of training volume and intensity on improvements in muscular strength and size in resistance-trained men. *Physiological Reports*, 3(8), 1-17.
- Marshall, P. W. M., Robbins, D. A., Wrightson, A. W. & Siegler, J. C. (2012). Acute neuromuscular and fatigue responses to the rest-pause method. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(2), 153-158.
- McBride, J. M. (2016). Biomechanics of Resistance Training. I G. G. Haff & N. T. Triplett (Red.). (2016). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4. Utgave, s. 19-42). Champaign: Human Kinetics.

- McDonagh, M. J. N., & Davies, C. T. M. (1984). Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *European Journal of Applied Physiology*, 52(2), 139-155.
- McGuigan, M. (2016). Principles of Test Selection and Administration. I G. G. Haff & N. T. Triplett (Red.). (2016). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4. Utgave, s. 249-258). Champaign: Human Kinetics.
- Miller, K. J., Garland, K. J., Ivanova, T. & Ohtsuki, T. (1996). Motor-unit behavior in humans during fatiguing arm movements. *Journal of Neurophysiology*, 75(4), 1629-36.
- Montero, D. & Lundby, C. (2017). Refuting the myth of non-response to exercise training: 'non-responders' do respond to higher dose of training. *Journal of Applied Physiology*, 595(1), 3377-3387.
- Moritani, T. & DeVries, H. A. (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 58(1), 115-130.
- Nuzzo, J. L., Barry, B. K., Jones, M. D., Gandevia, S. C. & Taylor, J. L. (2017). Effect of Four Weeks of Strength Training on the Corticomotoneuronal Pathway. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(11), 2286-2296.
- Pescatello, L. S., Arena, R., Riebe, D., Thompson, P. D. (2014). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Philadelphia: Absolute Service, Inc.
- Polla, B., D'Antona, G., Bottinelli, R. & Reggiani, C. (2004). Respiratory muscle fibres: specialisation and plasticity. *Thorax*, 59(1), 808-817.
- Powers, S. K., Lawler, J., Dempsey, A., Dodd, S. & Landry, G. (1989). Effects of incomplete pulmonary gas exchange on VO₂ max. *Journal of Applied Physiology*, 66(1), 2491-2495.
- Ralston, G. W., Kilgore, L., Wyatt, F. B. & Baker, J. S. (2017). The Effect of Weekly Set Volume on Strength Gain: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 47(12), 2585-2601.
- Robinson, J. M., Stone, M. H., Johnson, R. L., Penland, C. M., Warren B. J. & Lewis, R. D. (1995). Effects of Different Weight Training Exercise/Rest Intervals on Strength, Power, and High Intensity Exercise Endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9(4), 216-221.

- 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(1), 1160-1164.
- Rydwik, E., Karlsson, C., Frandin, K. & Akner, G. (2007). Muscle strength testing with one repetition maximum in the arm/shoulder for people aged 75+ - test-retest reliability. *Clinical Rehabilitation*, 21(3), 258-265.
- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A. & Raastad, T. (2010). Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 108(5), 965-975.
- Sale, D. G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(5), 135-145.
- Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 2857-2872.
- Schoenfeld, B. J. (2013). Potential Mechanisms for a Role of Metabolic Stress in Hypertrophic Adaptations to Resistance Training. *Journal of Sports Medicine*, 43(3), 179-194.
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D. & Krieger, J. W. (2016). Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Science*, 19 (1), 1-10.
- Schoenfeld, B. J. & Grgic, J. (2017). Evidence-Based Guidelines for Resistance Training Volume to Maximize Muscle Hypertrophy. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 40(4), 1-13.
- Schoenfeld, B. J., Contreras, B., Krieger, J., Grgic, J., DelCastillo, K., Belliard, R. & Alto, A. (2019). Resistance Training Volume Enhances Muscle Hypertrophy but Not Strength in Trained Men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(1), 94-103.
- Schott, J., McCully, K. & Rutherford, O. M. (1995). The role of metabolites in strength training. II. Short versus long isometric contractions. *European Journal of Applied Physiology*, 71(1), 337-341.
- Smilios, I., Piliandis, T., Karamouzis, M. & Tokmakidis, S. P. (2003). Hormonal Responses after Various Resistance Exercise Protocols. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(1), 644-654.

- Smith, B. K. & Kirk, E. (2013). Resistance Training and Physical Exercise in Human Health. I D. Bagchi, S. Nair & C. K. Sen (Red.), *Nutrition and Enhanced Sports Performance: Muscle Building, Endurance and Strength* (s. 55-64). USA: Elsevier Inc.
- Staron, R. S., Karapondo, D. L., Kraemer, W. J., Fry, A. C., Gordon, S. E., Falkel, F. E., Hagerman, F. C. & Hikida, R. S. (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *Journal of Applied Physiology*, 76(1), 1247-1255.
- Stock, M. S. & Thompson, B. J. (2014). Effects of Barbell Deadlift Training on Submaximal Motor Unit Firing Rates for the Vastus Lateralis and Rectus Femoris. *PLoS One*, 9(12).
- Sunde, A., Støren, Ø., Bjerkaas, M., Larsen, M., Hoff, J. & Helgerud, J. (2010). Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 2157-2165.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S. & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419-1449.
- Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y. & Ishii, N. (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of Applied Physiology*, 88(6), 2097-2106.
- Timmins, R., Filopoulos, D., Ruddy, J., Maniar, N., Hickey, J., Giannakis, J. . . . Opar, D. (2018). Eccentric hamstring training in elite AFL athletes promotes improvements in lower limb strength. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(1), 35.
- Tufano, J. J., Brown, L. E. & Haff, G. G. (2017). Theoretical and Practical Aspects of Different Cluster Set Structures: A Systematic Review. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(3), 848-867.
- Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Seitz, L. B., Williamson, B. D. & Haff, G. G. (2016). Cluster sets maintain velocity and power during high-volume back squats. *International Journal of Sports Physiology Performance*, 11(7), 885-892.
- Vecchio, A. D., Casolo, A., Negro, F., Scorcelletti, M., Bazzucchi, I., Enoka, R., Felici, F. & Farina, D. (2019). The increase in muscle force after 4 weeks of strength training is

- mediated by adaptations in motor unit recruitment and rate coding. *The Journal of Physiology*, 597(7), 1873-1887.
- Vila-Cha, C., Falla, D. & Farina, D. (2010). Motor unit behavior during submaximal contractions following six weeks of either endurance or strength training. *Journal of Applied Physiology*, 109(5), 1455-1466.
- Wang, L. & Hui, S. S. (2015). Validity of Four Commercial Bioelectrical Impedance Scales in Measuring Body Fat among Chinese Children and Adolescents. *BioMed Research International*, 614858, 1-8.
- Warpeha, J. M. (2012). Strength Testing. *NSCA's Performance Training Journal*, 6(1), 6-8.
- Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomeè, 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.
- Østerås, H., Helgerud, J. & Hoff, J. (2002). Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 88(3), 255-263.

Figurer og tabeller

Tabelloversikt

Tabell 2.1: Tabellen viser generelle egenskaper ved ulike styrketreningsmetoder. Hentet og inspirert fra Raastad et al. (2010, s. 123).

Tabell 2.2: Tabellen viser en forenklet versjon av tabell 2.1. Den viser hva motstanden (% av 1RM) og antall repetisjoner bør være for å trene de ulike egenskapene. Fra «*Program Design for Resistance Training*» av J. M. Sheppard & N. T. Triplett, 2016, I «*Essentials of Strength Training and Conditioning*» av G. G. Haff & N. T. Triplett (Red.), 2016, s. 458.

Tabell 3.1: Tabellen viser høyde, alder og vekt til de 14 personene som fullførte studien, fordelt i sine respektive grupper. Data viser gjennomsnitt og standardavvik (SD).

Tabell 3.2: Tabellen viser hvordan utviklingen foregår i Bruce Protocol. Inspirert og hentet fra Warpeha (2012).

Tabell 3.3: Estimering av 1RM basert på antall repetisjoner og motstand (kg) løftet. Tabell hentet fra Warpeha (2012, s. 7).

Tabell 4.1: Resultater for cluster-styrketrening (CSG). Tabellen viser data i form av gjennomsnitt, standardavvik (SD), standardfeil (SEM), konfidensintervall, p-verdi og Cohen's *d* ved pretest og posttest til de ulike styrketestene, maksimalt oksygenopptak og maksimal hjertefrekvens. Data kommer fra parede t-tester.

Tabell 4.2: Resultater for tradisjonell styrketrening (TSG). Tabellen viser data i form av gjennomsnitt standardavvik (SD), standardfeil (SEM), konfidensintervall, p-verdi og Cohen's *d* ved pretest og posttest til de ulike styrketestene, maksimalt oksygenopptak og maksimal hjertefrekvens. Data kommer fra parede t-tester.

Tabell 4.3: Resultater for kontrollgruppen (CG). Tabellen viser data i form av gjennomsnitt, standardavvik (SD), standardfeil (SEM), konfidensintervall, p-verdi og Cohen's *d* ved pretest og posttest til de ulike styrketestene, maksimalt oksygenopptak og maksimal hjertefrekvens. Data kommer fra parede t-tester.

Tabell 4.5: Resultater for cluster styrketrening (CSG). Tabellen viser gjennomsnitt, standardavvik (SD), standardfeil (SEM), konfidensintervall, p-verdi og Cohen's *d* ved pre- og posttest til variablene kroppsvekt, muskelvekt og fettmasse.

Tabell 4.6: Resultater for tradisjonell styrketrening (TSG). Tabellen viser gjennomsnitt, standardavvik (SD), standardfeil (SEM), konfidensintervall, p-verdi og Cohen's d ved pre- og posttest til variablene kroppsvekt, muskelvekt og fettmasse.

Tabell 4.7: Resultater for kontrollgruppen (CG). Tabellen viser gjennomsnitt, standardavvik (SD), standardfeil (SEM), konfidensintervall, p-verdi og Cohen's d ved pre- og posttest til variablene kroppsvekt, muskelvekt og fettmasse.

Tabell 4.8: Resultater for tradisjonell styrketrening (TSG). Tabellen viser gjennomsnitt, standardavvik (SD), standardfeil (SEM), konfidensintervall, p-verdi og Cohen's d ved pre- og posttest til variablene maksimal løftehastighet i benkpress og knebøy, og til vekt og motstand i benkpress og knebøy.

Tabell 4.9: Resultater for cluster styrketrening (CSG). Tabellen viser gjennomsnitt, standardavvik (SD), standardfeil (SEM), konfidensintervall, p-verdi og Cohen's d ved pre- og posttest til variablene maksimal løftehastighet i benkpress og knebøy, og til vekt og motstand i benkpress og knebøy.

Figuroversikt

Figur 2.1 Figuren viser hvordan antall repetisjoner påvirker faktorer som maksimal styrke, hypertrofi, eksplosiv styrke og utholdende styrke. Dette må ses i sammenheng med % av 1RM. Fra «*Program Design for Resistance Training*» av J. M. Sheppard & N. T. Triplett, 2016, I «*Essentials of Strength Training and Conditioning*» av G. G. Haff & N. T. Triplett (Red.), 2016, s. 457.

Figur 2.2 Figuren viser den overordnede oppbyggingen av en muskel. Det er myofilamentene aktin og myosin som er ansvarlige for musklens kontraksjonsevne. Fra «*Structure and Function of Body Systems*» av N. T. Triplett, 2016, I «*Essentials of Strength Training and Conditioning*» av G. G. Haff & N. T. Triplett (Red.), 2016, s. 4.

Figur 2.3 Figuren viser prosessen i en muskelkontraksjon. Ved a er muskelen i en hvileposisjon. Det er lite kontakt mellom myosinet og aktinet. Ved b har muskelen begynt å kontrahere. Det er kontakt mellom aktinet og myosinet. Båndene trekkes sammen, og det er mulighet for stor kraftutvikling på grunn av gode tverrbroer. Til slutt viser c en muskel i full kontraksjon. Fra «*Structure and Function of Body Systems*» av N. T. Triplett, 2016, I «*Essentials of Strength Training and Conditioning*» av G. G. Haff & N. T. Triplett, 2016, s. 7.

Figur 3.1 Skjematisk fremstilling av studiedesignet. Etter en 4 ukers treningsperiode ble det gjennomført nye styrketester for å oppdatere treningsprogrammet.

Figur 3.2 Bildet viser det første 4-ukersprogrammet til en av deltakerne i clustergruppen (CSG). Til venstre vises gjennomførelsen av settene, repetisjonene og pausene mellom repetisjoner og sett. Til høyre vises oppvarmingsdelen og selve motstanden under treningsdelen.

Figur 3.3 Bildet viser et tilsvarende program til en av deltakerne i hypertrofigruppen (TSG). I motsetning til figur 3.2 er det ikke med en detaljert beskrivelse av pauser. Gruppen gjennomfører 4 sett med 90 sekunders pause mellom hvert sett.

Vedlegg

Neste side



Shaheer Shalfawi

4036 STAVANGER

Vår dato: 09.08.2017

Vår ref: 54627 / 3 / HIT

Deres dato:

Deres ref:

Tilbakemelding på melding om behandling av personopplysninger

Vi viser til melding om behandling av personopplysninger, mottatt 02.06.2017.

All nødvendig informasjon om prosjektet forelå i sin helhet 09.08.2017.

Meldingen gjelder prosjektet:

<i>54627</i>	<i>The effect of different strength training loading models on maximal strength, endurance and anthropometric characteristics on young high school athletes</i>
<i>Behandlingsansvarlig</i>	<i>Universitetet i Stavanger, ved institusjonens øverste leder</i>
<i>Daglig ansvarlig</i>	<i>Shaheer Shalfawi</i>

Personvernombudet har vurdert prosjektet, og finner at behandlingen av personopplysninger vil være regulert av § 7-27 i personopplysningsforskriften. Personvernombudet tilrår at prosjektet gjennomføres.

Personvernombudets tilråding forutsetter at prosjektet gjennomføres i tråd med opplysningene gitt i meldeskjemaet, korrespondanse med ombudet, ombudets kommentarer samt personopplysningsloven og helseregisterloven med forskrifter. Behandlingen av personopplysninger kan settes i gang.

Det gjøres oppmerksom på at det skal gis ny melding dersom behandlingen endres i forhold til de opplysninger som ligger til grunn for personvernombudets vurdering. Endringsmeldinger gis via et eget skjema. Det skal også gis melding etter tre år dersom prosjektet fortsatt pågår. Meldinger skal skje skriftlig til ombudet.

Personvernombudet har lagt ut opplysninger om prosjektet i en [offentlig database](#).

Personvernombudet vil ved prosjektets avslutning, 31.12.2023, rette en henvendelse angående status for behandlingen av personopplysninger.

Dersom noe er uklart ta gjerne kontakt over telefon.

Vennlig hilsen

Dokumentet er elektronisk produsert og godkjent ved NSDs rutiner for elektronisk godkjenning.

Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet

”The effect of different strength training loading models on maximal strength, endurance and anthropometric characteristics on young high school athletes.”

Bakgrunn og formål

Hypertrofisk styrketrening er en styrketreningsmetode som i all hovedsak ønsker å øke tverrsnittet på muskulaturen. Det er godt dokumentert gjennom en rekke studier at slik trening fører til både hypertrofi og økning av maksimal muskelstyrke, i og med at disse faktorene henger sammen. Selv om det er utført flere studier for å undersøke sammenhengen mellom styrketrening og VO₂maks, er det gjort færre studier for å se om hypertrofisk styrketrening kan påvirke utholdenheten. Det vil i stor grad være gunstig å belyse en eventuell effekt denne treningen har på VO₂maks, både for utøvere og for skoleelever. Dersom det kan vises at denne treningen kan øke det maksimale oksygenopptaket, vil det kunne føre til endringer og optimaliseringer av treningen til utøvere på ulike nivå. Dette prosjektet er en del av Institutt for grunnskolelærerutdanning, idrett og spesialpedagogikk, ved Universitetet i Stavanger.

For å kunne gjennomføre denne studien, har vi behov for deltakere som er skoleelever og trener systematisk på høyt nivå.

Hva innebærer deltakelse i studien?

Følgende kriterier er avgjørende for å være i stand til å gjennomføre studien:

1. Testing av utholdenhet (VO₂maks) før og etter intervensjonen.
2. Testing av maksstyrke (1RM) før og etter intervensjonen.
3. Måling av kroppshøyde og vekt før og etter intervensjonen.
4. Måling av spenst før og etter intervensjonen.
5. Måling av hurtighet (40 meter sprint) før og etter intervensjon.
6. Et kort spørreskjema bestående av ett spørsmål og en skala fra 1-10 hvor utøveren krysser av innen 30 minutter etter alle styrketreninger.
7. Gjennomføring av 10 ukers styrketrening.

Hva skjer med informasjonen om deg?

All personlig informasjon vil bli behandlet konfidensielt. I tillegg til studieresultater, er det bare beskrivende informasjon som nivå, høyde, vekt og alder som blir rapportert i den endelige rapporten, i form av gjennomsnitt av alle deltakere. Ingen navn eller noen identifiserbar informasjon vil bli brukt under og etter at studien er avsluttet. Datainnsamling er planlagt å slutte i 2018. Prosjektet er planlagt å slutte i 2023. Ditt skriftlige samtykke vil bli slettet ved prosjektets slutt. Rådata beholdes i anonymisert form etter prosjektets slutt, og ingen personer vil kunne gjenkjennes i publikasjonen eller i rådata.

1RM Testing Protocol

1. Instruct the athlete to warm up with a light resistance that easily allows 5 to 10 repetitions.
2. Provide a 1-minute rest period.
3. Estimate a warm-up load that will allow the athlete to complete three to five repetitions by adding
 - 10 to 20 pounds (4-9 kg) or 5% to 10% for upper body exercise or
 - 30 to 40 pounds (14-18 kg) or 10% to 20% for lower body exercise.
4. Provide a 2-minute rest period.
5. Estimate a conservative, near-maximal load that will allow the athlete to complete two or three repetitions by adding
 - 10 to 20 pounds (4-9 kg) or 5% to 10% for upper body exercise or
 - 30 to 40 pounds (14-18 kg) or 10% to 20% for lower body exercise.
6. Provide a 2- to 4-minute rest period.
7. Make a load increase:
 - 10 to 20 pounds (4-9 kg) or 5% to 10% for upper body exercise or
 - 30 to 40 pounds (14-18 kg) or 10% to 20% for lower body exercise
8. Instruct the athlete to attempt a 1RM.
9. If the athlete was successful, provide a 2- to 4-minute rest period and go back to step 7. If the athlete failed, provide a 2- to 4-minute rest period; then decrease the load by subtracting
 - 5 to 10 pounds (2-4 kg) or 2.5% to 5% for upper body exercise or
 - 15 to 20 pounds (7-9 kg) or 5% to 10% for lower body exercise.AND then go back to step 8.

Continue increasing or decreasing the load until the athlete can complete one repetition with proper exercise technique. Ideally, the athlete's 1RM will be measured within three to five testing sets.

FIGURE 17.1 A 1RM testing protocol.

Reprinted, by permission, from Earle, 2006 (18).

TABLE 17.8 Estimating 1RM and Training Loads

MAX REPS (RM)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15
%1RM	100	95	93	90	87	85	83	80	77	75	67	65
Load (pounds or kilograms)	10	10	9	9	9	9	8	8	8	8	7	7
	20	19	19	18	17	17	17	16	15	15	13	13
	30	29	28	27	26	26	25	24	23	23	20	20
	40	38	37	36	35	34	33	32	31	30	27	26
	50	48	47	45	44	43	42	40	39	38	34	33
	60	57	56	54	52	51	50	48	46	45	40	39
	70	67	65	63	61	60	58	56	54	53	47	46
	80	76	74	72	70	68	66	64	62	60	54	52
	90	86	84	81	78	77	75	72	69	68	60	59
	100	95	93	90	87	85	83	80	77	75	67	65
	110	105	102	99	96	94	91	88	85	83	74	72
	120	114	112	108	104	102	100	96	92	90	80	78
	130	124	121	117	113	111	108	104	100	98	87	85
	140	133	130	126	122	119	116	112	108	105	94	91
	150	143	140	135	131	128	125	120	116	113	101	98
	160	152	149	144	139	136	133	128	123	120	107	104
	170	162	158	153	148	145	141	136	131	128	114	111
	180	171	167	162	157	153	149	144	139	135	121	117
	190	181	177	171	165	162	158	152	146	143	127	124
	200	190	186	180	174	170	166	160	154	150	134	130
	210	200	195	189	183	179	174	168	162	158	141	137
	220	209	205	198	191	187	183	176	169	165	147	143
	230	219	214	207	200	196	191	184	177	173	154	150
	240	228	223	216	209	204	199	192	185	180	161	156
	250	238	233	225	218	213	208	200	193	188	168	163
	260	247	242	234	226	221	206	208	200	195	174	169
	270	257	251	243	235	230	224	216	208	203	181	176
	280	266	260	252	244	238	232	224	216	210	188	182
	290	276	270	261	252	247	241	232	223	218	194	189
	300	285	279	270	261	255	249	240	231	225	201	195
	310	295	288	279	270	264	257	248	239	233	208	202
	320	304	298	288	278	272	266	256	246	240	214	208
	330	314	307	297	287	281	274	264	254	248	221	215
	340	323	316	306	296	289	282	272	262	255	228	221
	350	333	326	315	305	298	291	280	270	263	235	228
	360	342	335	324	313	306	299	288	277	270	241	234
	370	352	344	333	322	315	307	296	285	278	248	241

(continued)