



UiT Norges arktiske universitet

Det helsevitenskapelige fakultet

Effekten av ulik treningsfrekvens på muskelstyrke og hypertrofi blant moderat trente kvinner ved likestilt volum

Resultater fra en 8-ukers randomisert treningsintervensjon: Effektene av to versus fire ukentlige treningsøkter

Nicoline Giller

IDR-3901, 2023 høst-2024 vår

Sammendrag

Hensikt: Hensikten med studien var å undersøke effekten av ulik treningsfrekvens, herunder to versus fire treningsøkter i uka på muskelstyrke og hypertrofi blant moderat trente kvinner ved likestilt volumbelastning.

Metode: 13 moderat trente kvinner med tidligere styrketrenings-erfaring deltok i studien (alder: 29.1 ± 6.3 år, høyde: 168 ± 7.3 cm, vekt: 67 ± 12.5 kg). Deltakerne ble randomisert til enten en høyfrekvensgruppe (HF) som trente fire økter i uka ($n=7$) eller en lavfrekvensgruppe (LF) som trente to økter i uka ($n=6$). Treningsintervensjonen hadde en varighet på åtte uker med pre- og post testing. Endringer i muskelstyrke ble målt ved bruk av 1RM i øvelsene knebøy og benpress. Endringer i kroppssammensetning ble målt ved bruk av DEXA-scan. Treningen bestod av helkroppsoøker og inkluderte øvelsene knebøy og benpress, samt støtteøvelser for under- og overkropp.

Resultat: Det ble ikke observert signifikante forskjeller mellom gruppene i benkpress ($p=0.48$) eller knebøy ($p=0.29$). HF hadde en gjennomsnittlig økning på henholdsvis 9.9% (7 ± 2.1 kg) i knebøy og 13.7 % (6.5 ± 3.4 kg) i benkpress. LF hadde en gjennomsnittlig økning på henholdsvis 5.6 % i knebøy (5.4 ± 2.5 kg) og 10.5% i benkpress (5.8 ± 3.0 kg). Det ble observert signifikante forskjeller i MMH mellom LF og HF fra pre til post tilsvarende 1.8 kg ($p<0.05$). LF hadde en gjennomsnittlig nedgang i MMH tilsvarende -0.2% (-0.13 ± 1.1 kg). HF hadde en gjennomsnittlig økning tilsvarende 3.5% (1.6 ± 0.5 kg). Ingen forskjell ble observert mellom gruppene i mager masse underkropp (MMU) og mager masse overkropp (MMO).

Konklusjon: Økning i treningsfrekvens fra to til fire treningsøkter i uka gir ikke ytterligere effekt på muskelstyrke når volumbelastningen er likestilt blant moderat trente kvinner. Imidlertid viser funnene at økning i treningsfrekvens fra to til fire treningsøkter i uka gir betydelig større hypertrofi gevinster blant moderat trente kvinner når volumbelastningen er likestilt.

Forord

Med denne oppgaven avsluttes fem innholdsrike år ved UIT-Norges arktiske universitet. Til tross for en allerede hektisk hverdag, preget av tøffe prioriteringer mellom studier og fulltidsjobb, har denne perioden vært utrolig lærerik.

Først og fremst vil jeg utrykke min takknemmelighet ovenfor mine veiledere, Karianne Hagerupsen og Kim Arne Heitmann for deres gode veiledning, verdifulle tilbakemeldinger, støttende tilnærming og engasjement.

En spesiell takk rettes også til forsøkspersonene som har deltatt i prosjektet og gjort det mulig å samle inn nødvendig data om tematikk som jeg har stor interesse for. Jeg er takknemlig for deres viktige bidrag til prosjektet.

Til slutt ønsker jeg å rette en stor takk til min kjære mann som har tatt seg tid til korrekturlesing av masteroppgaven. Hans støtte, forståelse og tålmodighet gjennom denne perioden har vært uvurderlig.

Takk for all støtten!

Setermoen, 2024

Nicoline Giller

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
1.1	Studiens rasjonale.....	2
1.2	Oppgavens oppbygging.....	3
2	Teoretisk forankring.....	5
2.1	Styrke.....	5
2.2	Muskelens oppbygging og funksjon.....	7
2.3	Bestemmende faktorer for muskelstyrke.....	7
2.4	Nevrale faktorer for kraftutvikling.....	10
2.5	Adaptasjon til styrketrening.....	11
2.6	Hypertrofi.....	12
2.7	Treningsvariabler.....	13
3	Metode.....	16
3.1	Validitet og reliabilitet.....	16
3.2	Studiedesign.....	16
3.3	Statistisk analyse.....	23
3.4	Ivaretagelse av personvern.....	24
4	Resultat.....	25
4.1	Endringer og forskjeller i 1 RM.....	25
4.2	Endringer og forskjeller i mager masse helkropp.....	26
4.3	Oppsummering av endringer og forskjeller.....	27
4.4	Innrapportere tall fra deltakere.....	28
5	Diskusjon.....	29
5.1	Diskusjon av resultater.....	29
5.2	Diskusjon av metodikk.....	33
5.3	Reliabilitet (Pålitelighet).....	35
6	Konklusjon.....	39
6.1	Forslag til videre forskning.....	39
7	Referanseliste.....	41
	Vedlegg.....	46
	Vedlegg 1 – Samtykkeskriv.....	46
	Vedlegg 2 – Rapporteringsskjema.....	50

Tabelliste

Tabell 1: Deltaker karakteristika fra pre-test.....	18
Tabell 2: Treningsprogram for LF og HF.	23
Tabell 3: Endringer i muskelstyrke og kroppssammensetning fra pre til post-test for LF og HF.....	27

Figurliste

Figur 1: Muskelens oppbygging.....	7
Figur 2: Flytskjema over prosjektperioden.....	17
Figur 3: Skjematisk fremstilling av tester og prosjektperiodens varighet.....	18
Figur 4: Illustrasjon av topp-og bunnposisjon for godkjent løft i knebøy og benkpress.....	21
Figur 5: Endringer og forskjeller i antall kg i knebøy.....	25
Figur 6: Endringer og forskjeller i MMH.....	26
Figur 7: Innrapporterte tall i antall kg løftet per uke i knebøy og benkpress.....	28
Figur 8: Årsakssammenhenger mellom variabler.....	38

Forkortelser

HF: Høyfrekvensgruppe

LF: Lavfrekvensgruppe

1RM: én repetisjon maksimum

RPE: Rate of perceived exertion/grad av opplevd anstrengelse

RIR: Repetisjoner i reserve

SD: Standardavvik

DEXA: Dual-Energy X-ray Absorptiometry

MMH: Mager masse helkropp

MMU: Mager masse underkropp

MMO: Mager masse overkropp

KI: Konfidensintervall

1 Innledning

Styrketrening er anerkjent som en effektiv treningsmetode for å vedlikeholde og utvikle muskelstyrke og hypertrofi (2-4). For å optimalisere effektene av ST er manipulering av ulike treningsvariabler som volum (sett x repetisjoner x motstand), intensitet (motstand), pause mellom sett og frekvens sentrale for treningsprogrammets helhetlige funksjon og for å oppnå ønsket progresjon (2). Imidlertid har nåværende studier hovedsakelig fokusert på hvordan treningsvariablene intensitet, volum og pausetid påvirker muskelstyrke og hypertrofi (5, 6). Dette har ledet til en bred enighet i den vitenskapelige litteraturen om variablenes effekter på muskelstyrke og hypertrofi. For eksempel er det godt dokumentert at volum er avgjørende for både styrkeøkninger og muskelvekst (4, 7-9). Videre viser forskning at økning i muskelmasse kan oppnås gjennom varierte treningsbelastninger (8). Det er også vist at lengre hvileperioder mellom settene kan være mer fordelaktige for å maksimere styrke, mens kortere hvileperioder i større grad fremmer hypertrofi (4, 7). Imidlertid har treningsfrekvens vært mindre undersøkt. Effektene av treningsfrekvens som en individuell variabel er et omdiskutert tema, og hva som er den optimale treningsfrekvensen for muskelstyrke og hypertrofi er foreløpig uavklart (5, 6).

Treningsfrekvens defineres som antall treningsøkter som gjennomføres i en gitt periode og er vanligvis beregnet på ukentlig basis (2). American College of Sport Medicine (3) anbefaler at moderat trente individer benytter en treningsfrekvens tilsvarende tre til fire ST-økter i uka med mål om å øke muskelstyrke og hypertrofi. Imidlertid har anbefalingene blitt kritisert for å basere seg på begrenset bevisgrunnlag (5, 6, 10).

Tidligere meta-analyser har observert at høyere treningsfrekvens har signifikant større effekt på muskelstyrke og hypertrofi sammenliknet med lavere treningsfrekvens (5, 11). Imidlertid ble det ikke observert ytterligere fordeler ved høyere treningsfrekvens når totalt treningsvolum var likestilt mellom gruppene (5, 11). Funnene støttes av flere studier som har vist liknende styrke- og hypertrofiadaptasjoner mellom lav- og høyfrekvenstrening når treningsvolumet er utliknet mellom gruppene (5, 11-16). I motsetning til overnevnte funn viste McLESTER, BISHOP (17) at tre treningsøkter i uka førte til større styrke- og hypertrofigevinster enn én treningsøkt i uka ved likestilt treningsvolum. Imidlertid kan bruk av hudfold- og omkretsmålinger for å evaluere endringer i kroppssammensetning, ha begrenset muligheten for å vurdere nøyaktige endringer i hypertrofi.

Den eksisterende forskningen er ofte rettet mot menn, utrente grupper og er i liten grad generaliserbar til kvinner. Tatt i betraktning at det foreligger betydelige forskjeller i antropometriske, fysiologiske og hormonelle egenskaper mellom kjønn (18, 19) ansees det som nødvendig å gjennomføre studier som også inkluderer kvinnelige individer.

Ved å redusere antall treningsdager, men beholde samme volum, kan både antallet treningsdager og den totale tiden brukt på trening inkludert tid for transport og forberedelser reduseres. Dette kan være spesielt fordelaktig for personer med tidsbegrensninger. Selvom Dankel, Mattocks (20) foreslår at høyere frekvens kan være en viktig variabel for å oppnå videre adaptasjoner for styrketrente individer, kan dette være utfordrende for mange. Dersom man kan oppnå lignende effekter ved lavere treningsfrekvenser, kan dette være en verdifull strategi for å utforme styrketreningsprogrammer til individer med tidsbegrensninger.

1.1 Studiens rasjonale

Antallet studier om treningsfrekvens og dens effekter på muskelstyrke og hypertrofi er økende (12, 13, 15, 16, 21, 22). Likevel foreligger det flere begrensninger i det eksisterende forskningslandskapet. Begrensningene blir spesielt tydelige når det gjelder å generalisere funnene til trente kvinnelige individer. Store deler av den eksisterende forskningen har primært inkludert utrente (5, 11), mannlige individer (12-15) og blandede grupper uten å utføre kjønnsspesifikke analyser (6, 11, 16). Disse metodologiske tilnærmingene skaper utfordringer i å generalisere funnene til trente kvinnelige individer, og begrenser dermed utviklingen av optimaliserte treningsfrekvenser for denne demografiske gruppen. Dette understreker et klart behov for ytterligere målrettet forskning mot trente kvinnelige individer.

Tidligere meta-analyser har også påpekt at treningsfrekvens under likestilt volumbelastning er lite utforsket og det er uttrykt et klart behov for mer forskning på dette området, spesielt rettet mot trente individer (5, 6).

1.1.1 Forskningsspørsmål og hypotese

Basert på kapittel 1.1 fremkommer det et tydelig gap i studier og forskning gjennomført på kvinner. Således er det ønskelig å forske i dette gapet og bidra til økt forståelse av kvinners respons på ulike treningsfrekvenser. Derav er målet med denne studien å bidra til en bredere forståelse av optimale treningsfrekvenser for å fremme muskelstyrke og hypertrofi blant kvinner.

Oppgavens problemstilling lyder er følger:

«Hvilken effekt har ulik treningsfrekvens, to versus fire treningsøkter i uka, på muskelstyrke og hypertrofi blant moderat trente kvinner ved likestilt volum?»

Hypotesen er at fire treningsøkter i uka ikke fører til større styrke-og hypertrofigevinster enn to treningsøkter når volumet er likestilt mellom gruppene.

1.2 Oppgavens oppbygging

Oppgaven er inndelt i seks kapitler. Førrige kapittel presenterte tematikk og redegjorde for kunnskapshull i det nåværende forskningen som bunnet ut i oppgavens problemstilling. I det andre kapitlet presenteres det teoretiske grunnlaget som er benyttet i oppgaven, herunder redegjørelse for relevante nøkkelbegreper og faktorer som er bestemmende for muskelstyrke og hypertrofi. Avslutningsvis presenteres treningsvariabler, herunder volum, intensitet og frekvens som danner grunnlaget for treningsprotokollen.

I det tredje kapitlet beskrives de metodiske valgene studien baseres på. Her beskrives og drøftes studiedesignet, herunder utvalg og test-og treningsprosedyrer. Videre beskrives den statistiske analysen som er anvendt i studien, samt hvordan deltakernes personvern har blitt ivare tatt.

I det fjerde kapitlet presenteres studiens funn, herunder endringer og forskjeller i en repetisjon maksimum (1RM) og mager masse (MMH) fra pre-til post. Avslutningsvis fremstilles endringer og forskjeller i kroppssammensetning og muskelstyrke fra pre-til posttest for lavfrekvensgruppen (LF) og høyfrekvensgruppen (HF) i en oppsummert tabell. I det femte kapitlet diskuteres først studiens funn i lys av tidligere teori og forskning. Videre redegjøres det for studiens styrker og svakheter og hvordan de metodiske valgene har påvirket studiens validitet og reliabilitet.

Oppgaven oppsummeres i kapittel seks, hvor konklusjoner trekkes basert på problemstillingen. Avslutningsvis fremlegges anbefalinger til bruk av oppgavens funn, samt forslag til videre forskning.

2 Teoretisk forankring

Kapittelet presenterer og belyser relevant teori og sentrale aspekter knyttet til oppgavens tema. Nøkkelbegreper vil bli redegjort for, metoder for å styre intensitet ved styrketrening belyses og muskelens oppbygging og funksjon presenteres. Videre vil faktorer som er bestemmende for muskelstyrke og hypertrofi belyses, samt adaptasjoner til styrketrening. Med dette søkes det å skape en dypere forståelse av faktorene som styrer og påvirker responsen av styrketrening. Avslutningsvis presenteres treningsvariablene volum, intensitet og frekvens som danner grunnlaget for metodiske valg knyttet til studiens treningsprotokoll.

2.1 Styrke

Raastad, Wisnes (1) definerer styrke som «den maksimale kraften eller dreiemomentet en muskel eller muskelgruppe kan skape ved en spesifikk eller forutbestemt hastighet». Med utgangspunkt i overnevnt definisjonen av styrke, kan styrketrening defineres som «all trening som er ment å utvikle eller vedlikeholde evnen til å skape størst mulig kraft eller dreiemoment ved en spesifikk eller forutbestemt hastighet» (1).

Videre kan maksimal styrke defineres som den «den største kraften vi klarer å utvikle ved eksentriske, konsentriske eller isometriske muskelaksjoner» (23). Konsentriske og eksentriske muskelaksjoner representerer former for dynamisk muskellarbeid, hvor muskelen endrer lengde. Under en konsentrisk muskelaksjon forkortes muskelen, mens i en eksentrisk muskelaksjon forlenges muskelen (24). Isometriske muskelaksjoner representerer statisk muskellarbeid der muskelens lengde forblir uendret (1). En vanlig metode for å måle maksimal styrke er ved bruk av 1RM (23). 1RM referer til den maksimale belastningen som kan løftes én gang i en bestemt øvelse, samtidig som korrekt løfteteknikk opprettholdes (25). Testing av 1RM måles vanligvis ved å utføre dynamiske øvelser med ekstern motstand, enten ved hjelp av frivekter eller treningsmaskiner (26).

2.1.1 Metoder for å styre intensitet ved styrketrening

Det finnes flere metoder for å styre intensiteten under styrketrening. Blant disse metodene er prosenten av 1RM, repetisjoner i reserve (RIR) og grad av opplevd anstrengelse (Rate of perceived exertion, RPE) velkjente verktøy (25, 27, 28).

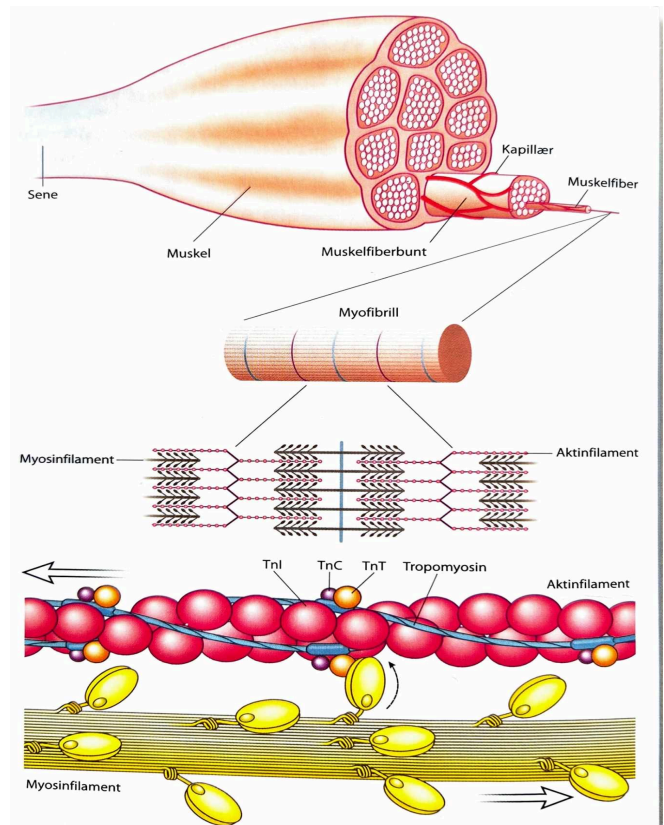
I motsetning til 1RM som gir en objektiv måling av en persons maksimale styrke, baserer RPE-basert RIR seg på en subjektiv opplevelse av anstrengelsesnivå. Ved bruk av RPE-basert RIR er ikke treningsmotstanden bestemt på forhånd og motstanden styres dermed av antall repetisjoner man opplever å ha i reserve før muskelutmattelse (28). For eksempel tilsvarer RPE 10 maksimal anstrengelse og ingen repetisjoner i reserve (0 RIR), mens RPE 9 tilsvarer nær maksimal anstrengelse med én repetisjon i reserve (1 RIR) og slik går skalaen videre nedover (28).

Faktorer som søvn, kosthold og stressnivå kan påvirke intensitetsnivået og dermed ytelseevnen under en treningsøkt eller test (28-30). Ettersom belastningen ikke er bestemt på forhånd, gir bruk av RPE-basert RIR en større fleksibilitet sammenliknet med prosenten av 1RM til å tilpasse og justere motstanden i henhold til individuelle forhold og dagsform (27). Derav kan bruk av RPE-basert RIR føre til mer optimale treningsforhold, samt redusere risiko for muskelutmattelse og overtrening (27). Likevel kan bruk av RPE-basert RIR kan medføre en risiko for at treningen gjennomføres med en lavere belastning enn tiltenkt (28), som potensielt kan påvirke treningsprogresjonen over tid. Derav kan prosenten av 1RM være fordelaktig da det gir ett objektivt grunnlag på treningsmotstanden basert på tidligere testresultater i den bestemte øvelsen. Imidlertid kan 1RM endre seg over tid. Dette kan medføre risiko for at 1RM-verdien som er målt i en test, ikke nødvendigvis gjenspeiler individets reelle styrkenivå på ett senere tidspunkt (28).

2.2 Muskelens oppbygging og funksjon

Skjelettmuskulaturen består av muskelfibre som er bygget opp av myofibriller (23). Myofibrillene inneholder sarkomerer som er de grunnleggende kontraktile enhetene i muskelfibrene (31). Videre består sarkomerene av proteinene aktin og myosin som danner myofilamenter (23).

Under muskelkontraksjon samhandler aktin- og myosinfilamenter i sarkomerene for å generere kraft og produsere bevegelse (23). Rundt aktinet ligger det tropomyosintråder som dekker over bindingsstedene, og dermed hindrer at myosinhodene får festet seg til aktinfilamentene (23). Langs tropomyosintrådene ligger molekyler kalt troponin som har i oppgave å trekke tropomyosintrådene vekk fra bindingsstedene slik at myosinet kan feste seg til aktinet (23), se Figur 1.



Figur 1: Muskelens oppbygging. TnI: troponin I, TnC: troponin C, TnT: Troponin T (1).

Når muskelfibrene stimuleres av elektriske nerveimpulser, fører dette til en frigjøring av kalsiumioner (Ca^{2+}) fra sarkoplasmatiske retikulum (23). Troponin aktiveres når Ca^{2+} -ionene som frigjøres i cytoplasma bindes til dem (23). Aktivering av troponin medfører at bindingsstedene på aktinet frigjøres og tillater dermed myosinhodene å binde seg til aktinet og danne tverrbroer (23). Når dette skjer samtidig i mange sarkomerer, forkortes muskelen og kraft produseres (23). Denne prosessen er kjernen i en muskelkontraksjon, og er essensiell for å utføre mekanisk arbeid og produsere bevegelse (23).

2.3 Bestemmende faktorer for muskelstyrke

Det foreligger flere fysiologiske faktorer som bidrar til å bestemme hvor mye kraft en muskel kan skape, både muskulært og nevralt. De muskulære faktorene omfatter muskelens tverrsnittsareal, arkitektur, fibertype og muskellengde (23). De nevralt faktorene omfatter evnen til å rekruttere motoriske enheter, fyringsfrekvens og samspillet mellom agonister, antagonister og synergister (23).

2.3.1 Muskulære faktorer for kraftutvikling

2.3.2 Tverrsnittsareal

Muskelgruppens tverrsnittsareal er ansett som den primære faktoren blant de muskulære variablene når det gjelder maksimal muskelstyrke (23). Likevel er det viktig å understreke at den faktiske styrken ved maksimal aktivering avhenger av det største tverrsnittsarealet på muskelbuken (1). En muskel med et større tverrsnittsareal har ett større potensiale for kraftutvikling. Den direkte forbindelsen mellom maksimal styrke og det største tverrsnittsarealet i en muskel kan forklares ved antallet sarkomerer i parallell (1). Flere sarkomerer i parallell tillater flere myosinhoder å trekke i aktintrådene, noe som resulterer i flere tverrbrodannelser (32). Dette medfører i sin tur en forbedret evne til kraftproduksjon, da flere sarkomerer øker den samlede kontraktile kapasiteten og dermed muliggjør mer kraftfulle kontraksjoner (32).

2.3.3 Arkitektur

Muskelarkitektur referer til hvordan muskelfibrene er organisert i forhold til muskelens lengderetning (32). Muskelfibrenes arrangement, enten de er ordnet parallelt eller skråstilt i forhold til muskelens lengderetning, har en betydelig innvirkning på muskelens evne til å generere kraft ved et gitt anatomisk tverrsnittsareal (1). I skjelettmusklene skilles det mellom to ulike former for fiberarkitektur, herunder spoleformede og fjærformede muskler (32). Mens spoleformede muskler har fibre som er ordnet parallelt med muskelens lengderetning, har fjærformede muskler fibre som er ordnet skrått i forhold til muskelens lengderetning (32). Når det genereres stor vinkelhastighet over ett ledd, er spoleformede muskler bedre egnet enn fjærformede muskler (1). Dette skyldes at spoleformede muskler har flere sarkomerer i serie sammenliknet med fjærformede muskler med samme totale lengde og tykkelse (1). Derimot oppnår fjærformede muskler et stort fysiologisk tverrsnittsareal på grunn av de skråstilte fibrene, noe som gjør dem godt egnet til å generere stor kraft ved lave forkortningshastigheter (32). Selvom de fjærformede musklene har færre sarkomerer i serie sammenliknet enn de spoleformede musklene, tillater den skråstilte ordningen at flere fibre har plass innenfor samme muskelvolum (1).

2.3.4 Fibertypesammensetning

Skjelettmuskulaturen inneholder en heterogen sammensetning av ulike fibertyper som strekker seg fra langsomme til raske, noe som gjør deres funksjon oppgavespesifikk (33). I skjelettmuskulaturen kan muskelfibrene grovt deles inn i tre hovedtyper, herunder Type I, Type IIA og Type IIX (1). Fibertypenes egenskaper skiller seg imidlertid fra hverandre når det kommer til kontraksjonshastighet, metabolske egenskaper og kraftproduksjon (33). Type I-fibre, kjent som slow-twitch fibre, kjennetegnes ved deres langsomme kontraksjonshastighet og høye aerobe kapasitet, noe som gjør dem tretthetsbestandige og velegnet for aktiviteter som krever muskulær utholdenhet (32, 33). På den andre siden har vi type II-fibre, kjent som fast-twitch fibre, som videre kan deles inn i type IIA og type IIX (32). Type IIA-fibre, eller raske oksidative glykolytiske fibre har en raskere kontraksjonshastighet enn type I-fibre, men er mindre utholdende (32, 33). Dette gjør type IIA-fibrene allsidig og velegnet for aktiviteter som krever både hurtig kraftutvikling og utholdenhet (33). Type IIX-fibre, raske glykolytiske fibre, har de høyeste kontraksjonshastighetene, men utmattes raskere, noe som gjør dem ideelle for styrke og kraftrelaterte bestrebelser (32, 33).

Fibertypesammensetningen varierer imidlertid mellom ulike typer muskler og bestemmes i stor grad av genetiske faktorer, som kan påvirke hvordan skjelettmuskulaturen responderer på trening (31, 34). Imidlertid kan fibertypesammensetningen endres gjennom ST (33). Eksempelvis er det vist at trening over forskjellige belastningsområder kan føre til en spesifikk respons i fibertypene, der lavere belastninger (<70% av 1RM) fører til en preferanse for økt hypertrofi av type I-fibre, mens tyngre belastninger (>70% av 1RM) favoriserer hypertrofi av type II-fibre (1, 33, 35).

2.3.5 Muskellengde

Muskellengde er en avgjørende faktor som påvirker muskelens funksjon og ytelse under ulike bevegelser (32). Endringer i muskellengde er direkte knyttet til muskelens evne til å generere kraft, som er et sentralt aspekt ved muskelkontraksjon (1). Endringene i kraft i forhold til muskellengde er direkte knyttet til graden av overlapp mellom aktin- og myosinfilamentene i hver sarkomer (1), der optimalt overlapp mellom aktin og myosin skaper ideelle forhold for maksimal kraftproduksjon under en muskelkontraksjon (32). Ved lengder som er kortere eller lengre enn det som er ideelt, vil dermed kraftproduksjonen reduseres (32). Samtidig med muskelens lengdeforandringer, påvirkes også andre faktorer som bidrar til størrelsen på dreiemomentet. Variasjoner i leddvinkelen kan endre muskelens momentarm over leddene

(Raastad et al., 2010, s. 27), mens strekking av bindevev og serieelastiske strukturer inne i muskelfibrene legger til en betydelig elastisk komponent ved lengre muskellengder (1). Denne elastiske komponenten spiller en viktig rolle i muskelens evne til å generere kraft under forskjellige betingelser (1).

2.3.6 Momentarm

Momentarmen, definert som avstanden mellom leddets rotasjonsakse og punktet der kraften påføres, er avgjørende for effektiviteten av muskulære sammentrekninger (23). En lengre momentarm reduserer den nødvendige kraften for å generere samme mengde dreiemoment, noe som forbedrer kraftutnyttelsen i muskelarbeidet (1). Leddvinkelen påvirker momentarmens lengde betydelig. En større vinkel forlenger momentarmen, mens en mindre vinkel forkorter den, som påvirker både kraftbehovet og hastigheten på muskelreaksjonene (36). Videre vil endringer i senefestets posisjon føre til endringer i momentarmen (23). Når senefestet er langt fra leddets rotasjonsakse, økes momentarmen, noe som gjør det mulig å produsere større dreiemoment med mindre kraft. På den andre siden vil momentarmen reduseres når senefestet er nær roasjonsaksen, og det vil kreves mer kraft for å oppnå tilsvarende dreiemoment (23).

2.4 Nevrale faktorer for kraftutvikling

2.4.1 Motoriske enheter og fyringsfrekvens

Kraftproduksjonen i en muskel er nært knyttet til både antall aktive motoriske enheter og den individuelle kraften enhetene produserer (23). Kraftutviklingen reguleres av en gradvis rekruttering av motoriske enheter i samsvar med økende kraftkrav (37). Ved bevegelser der kraftbehovet er lite, aktiveres ett begrenset antall motoriske enheter, vanligvis bestående av type I-fibre (37). Ved bevegelser som krever mer kraft øker rekrutteringen av motoriske enheter, med type II-fibre som den primære bidragsyteren (37). Økningen i rekruttering av motoriske enheter fortsetter frem til omtrent 80% av den maksimale kraften er oppnådd (1). Etter dette stadiet spiller fyringsfrekvensen en avgjørende rolle i å regulere ytterligere økning i kraftutvikling i hver enkelt enhet (23).

2.4.2 Samspillet mellom muskler

Musklene arbeider sjeldent isolert når det skapes dreiemoment over ledd, men heller i ett koordinert samspill for å utføre bevegelser (23). Agonister og synergister er muskler som samarbeider om å skape dreiemoment over ett eller flere ledd (23). Antagonister derimot har sitt senedrag plassert på den andre siden av leddet, og kan tilsynelatende virke som om de

motarbeider dreiemomentet som skapes av agonistene og synergistene (23). Imidlertid er antagonistenes rolle ikke bare begrenset til å motvirke bevegelse, men de innehar en viktig rolle i å opprettholde stabiliteten i leddet (1). Likevel er det ønskelig at antagonistenes aktivering ikke er for høy da dette fører til at agonister og synergister må kompensere ved å øke sin egen aktivitet (23). Dette resulterer i mindre koordinerte bevegelser og et forhøyet energiforbruk (1). For å maksimere kraften som genereres, er det nødvendig at både kraft og timing i de samarbeidende musklene er optimal (1). Gjennom styrketrening kan samspillet og timingen av kraftanvendelsen forbedres i de samarbeidende musklene som følge av tilpasninger i nervesystemets styring av de involverte muskelgruppene (23). Dette kan resultere i økt bevegelseskraft uten reduksjon i koordinasjon, og kan dermed spille en vesentlig rolle for hvor stor den samlede kraftutvikling blir (1). Denne dynamiske interaksjonen mellom muskelene kan forstås som grad av teknikk i en øvelse som er spesielt viktig i mer komplekse øvelser som involverer bevegelse over flere ledd, som eksempelvis i knebøy eller benkpress (23).

Imidlertid kan repetert praksis av en øvelse forbedre den tekniske utførelsen, noe som kan forklares gjennom at det oppstår en potensiell læringseffekt (38). Gjennom kontinuerlig trening av en øvelse forbedres koordinasjonen mellom musklene og rekrutteringen av motoriske enheter, som videre bidrar mer optimaliserte bevegelsesbaner og større kraftutvikling (1, 38). Spesifikk trening på en test eller en bevegelse kan derfor medføre styrkegevinster uten at det oppstår økninger i muskelmasse, noe som kan forklares gjennom prinsippet om spesifisitet (39).

2.5 Adaptasjon til styrketrening

Selv om samme treningsprogram følges av samme gruppe over en gitt tidsperiode, kan respons på stimuli fra styrketrening variere betydelig fra individ til individ (31). Faktorer som treningsbakgrunn, kjønn, genetik, kosthold, søvn, stress, annen hverdagslig aktivitet, samt hvordan den enkelte gjennomfører treningen som er programmert kan påvirke den individuelle responsen på styrketrening (1, 29, 30, 40-42).

Imidlertid utmerker treningsbakgrunn som en av de viktigste faktorene for graden av adaptasjoner som fremkommer som følge av styrketrening (1, 23), hvor nybegynnere har en betydelig større styrkefremgang sammenliknet med individer som har trent styrketrening regelmessig over tid (1). Dette skyldes primært nevralt tilpasninger og forbedret teknikk (2). De nevralt tilpasningene referer til justeringer i nervesystemet som respons på styrketreningen. Tilpasningene involverer økt fyringsfrekvens, økt rekruttering av muskelfibre og forbedret

synkronisering av motoriske enheter (43). Dette bidrar til mer optimaliserte muskelkontraksjoner og dermed en betydelig økning i den totale kraftproduksjonen (43).

Over tid blir det imidlertid vanskeligere å oppnå ytterligere økninger i styrke og hypertrofi, ettersom både musklene og nervesystemet tilpasser seg den belastningen de utsettes for (2, 41). For å oppnå progresjon, er det derfor essensielt å legge inn variasjon i treningsvariabler som antall sett, motstand, repetisjoner, og hvileperioder. Periodisering som systematisk varierer de overnevnte faktorene over tid er nødvendig for å unngå tilvenning og opprettholde fremgang i både muskelstyrke og hypertrofi (2, 4, 8, 41).

2.5.1 Kjønnforskjeller

Gitt oppgavens tematikk, er det nødvendig å redegjøre for kjønnenes innvirkning på styrketrening. Selvom tidligere forskning har vist at kvinner kan oppnå tilsvarende hypertrofiske gevinster som menn, varierer økningene i relativ styrke mellom kjønnene (19). Menn har generelt større skjelettmuskulatur sammenliknet med kvinner, noe som bidrar til økt maksimal styrke (18, 44, 45). Videre har kvinner vist å ha en større andel av type I-muskelfiber sammenliknet med menn (19, 46-48). Derav kan det forventes at menn kan generere ett større dreiemoment og større kraft ved en gitt hastighet sammenliknet med kvinner, på grunn av deres høyere andel av type II-fibre (49). I tillegg har kvinner vist å ha ett mindre muskeltvernsnittareal sammenliknet med menn (19) som kan påvirke muskelens evne til å generere kraft (1). Videre kan hormonelle påvirkninger under ulike faser av menstruasjonssyklusen påvirke treningsreponsen (18). Styrkegevinstene kan potensielt være større i follikelfasen, sammenliknet med lutealfasen som er preget av høyere progesteronnivåer som kan medføre lengre restitusjonstid mellom treningsøkter (18).

2.6 Hypertrofi

Muskelvekst, også kjent som hypertrofi, oppstår primært gjennom økt volum av de enkelte muskelfibrene i en muskelgruppe, enten i form av økt masse eller lengde (1, 41). Dette fenomenet oppstår som et resultat av komplekse fysiologiske prosesser som finner sted i muskelcellene (4). Ved muskelvekst aktiveres omkringliggende satelittceller som innehar en viktig rolle i reparasjon av skadet muskelvev og vekst av muskelceller (41). Deres aktivering spiller en avgjørende rolle for å fremme muskelvekst ved at de tilfører flere cellekjerener til muskelfibrene (41). Ved muskelvekst, øker antallet sarkomerer enten i serie eller parallell (41). I tillegg til økning i antall sarkomerer, øker også mengden av de kontraktile proteinene aktin og myosin i sarkomerene (1). Dette skjer ved at produksjonen av muskelproteiner overstiger

nedbrytingen, noe som fører til en positiv netto proteinbalanse over tid (4). Dette kan oppnås gjennom styrketrening og inntak av protein som henholdsvis øker muskelproteinproduksjonen og reduserer nedbrytingen av muskelproteiner (4).

Responser på ST i form av hypertrofi og muskelstyrke stimuleres av to primære mekanismer, herunder mekanisk drag og metabolsk stress (1, 4). Denne kombinasjonen har vist å øke potensialet for muskelskade (7), samtidig som det ser ut til å være en kraftig stimulus for å fremme muskelstyrke og hypertrofi (4, 7, 41).

2.6.1 Mekanisk drag

Mekanisk drag oppstår når musklene utsettes for en ytre belastning under trening (41). Jo større den ytre belastningen som påføres en muskelgruppe er, desto mer kraft må musklene generere for å overvinne den, og dermed oppstår et større mekanisk drag i de arbeidende musklene (1). Når musklene utsettes for mekanisk drag, initieres flere molekylære og cellulære responsmekanismer (41). Dette er signalveier som AKT/mTOR som innehar en sentral funksjon i å fremme muskelhypertrofi ved å øke muskelproteinsyntesen (50). Samtidig fører muskelskade som mekanisk drag påfører til aktivering av satelittceller som er essensielle for reparasjon og vekst av muskelfibre (41).

2.6.2 Metabolsk stress

Metabolsk stress oppstår som ett resultatet av trening som benytter anaerob glykolyse for energiproduksjon som leder til opphoping av metabolitter som laktat, hydrogenioner og fosfater (51, 52). Slike forhold er typisk under treningsøkter med begrenset oksygentilførsel til musklene, noe som øker det metabolske stresset betydelig (41). Denne økningen medfører endringer i kroppens hormonbalanse, cellehevelse, økt produksjon av frie radikaler og aktivering av vekstfremmende faktorer, som alle bidrar til muskelvekst (41, 53).

2.7 Treningsvariabler

2.7.1 Treningsvolum og intensitet

Høyt volum, moderat belastning og korte hvileintervaller mellom sett er foreslått å primært føre til økninger i hypertrofi, med sekundære økninger i styrke (7). For å optimalisere forholdene for muskelvekst, tyder tidligere forskning på at det er mest effektivt å trene innenfor 8-12 repetisjoner per sett, ett intervall som referer til «hypertrofi sonen» (4, 26). Videre anbefales det å trene med 3-6 sett per muskelgruppe med moderat belastning tilsvarende 60-80% av 1RM (4) og korte hvileintervaller (60-90 sek) (8). Trening innenfor de overnevnte parameterne

baserer seg på at det medfører et større metabolsk stress i muskulaturen som ansees å være en viktig stimulans for muskelhypertrofi (7, 54).

Høy belastning, moderat volum og lengre hvileintervaller mellom sett er foreslått å primært føre til økninger i styrke, med sekundære økninger i hypertrofi (7). For å optimalisere økninger i styrke anbefales det at styrketreningen gjennomføres innenfor 1-5 repetisjoner per sett, ett intervall omtalt som «styrke sonen» (4, 26). Videre anbefales det å trene med høy belastning (>80% av 1RM) (4) og lengre hvileintervaller mellom settene (>2 min) (8). Anbefalingene baserer seg på at tunge belastninger er nødvendig for å rekruttere høyterskels enheter, som er ansvarlige for å fremme maksimale muskulære tilpasninger (55). Videre medfører høyere belastninger et større mekanisk drag i musklene som primært utvikler styrke (7, 55).

Tidligere meta-analyser har vist at tyngre treningsmotstander fører til signifikant større økninger i 1RM sammenliknet med lavere treningsmotstander når treningen utføres til muskulær utmattelse (55, 56). Imidlertid har enkelte meta-analyser vist at liknende gevinster i styrke og hypertrofi oppnås uavhengig om ST gjennomføres til muskelutmattelse eller nært muskelutmattelse så lenge tyngre belastninger benyttes (37).

I motsetning til maksimal styrke ble det ikke observert forskjeller i hypertrofi ved å trene med lavere treningsmotstander, sammenliknet med høyere treningsmotstander (55, 56) noe som indikerer at hypertrofi kan oppnås over ett bredt spekter av belastningssoner som underbygges av Schoenfeld, Fisher (8). Imidlertid anbefales det å implementere periodiseringsstrategier med spesifikke blokker på tvers av ulike volum og belastningsregimer for å optimalisere treningsrepsjonen og fremgang over tid (8). Ved å variere antall sett, repetisjoner og belastning vil man i større grad kunne unngå plataer og overtrening samtidig som musklene stimuleres på ulike måter (8). Dette kan medføre bedre tilpasningsevner og mer helhetlig utvikling av både muskelstyrke og hypertrofi (8).

2.7.2 Treningsfrekvens

Meta-analyser som har undersøkt effektene av ulike treningsfrekvenser uten å likestille for volum har vist en signifikant fordel ved høyere treningsfrekvenser (5, 11). Imidlertid ble de observerte effektene sannsynligvis drevet av treningsvolum og ikke av frekvens i seg selv, ettersom gruppene som trente med høyere treningsfrekvens også trente med et høyere volum. Selvom det ikke er observert signifikante forskjeller i styrke og hypertrofi ved ulike treningsfrekvenser når volumbelastningen er likestilt (5, 11), kan en høyere treningsfrekvens

ha flere potensielle fordeler. Dankel, Mattocks (20) foreslår at høyere treningsfrekvens kan være gunstig ved at det bidrar til å fordele det totale treningsvolumet over flere dager og dermed i større grad reduserer muskeltretthet under øktene. Videre kan en høyere treningsfrekvens bidra til å redusere restitusjonstiden mellom treningsøktene (57). Dette kan tillate og opprettholde større treningsbelastninger over tid som potensielt kan føre til bedre muskulære og nevrale tilpasninger. Sett i sammenheng med motorlæringsteori kan det også antas at hyppigere trening av en bevegelse kan føre til en større økning i styrke, på grunn av forbedret nevralt effektivitet (58).

Videre er proteinsynteseresponsen ansett å vare i 24-48 timer etter en enkelt styrketreningsøkt hos utrente individer (59, 60). I kontrast til utrente individer, er proteinsynteseresponsen ansett å vedvare i 24 timer hos styrktrente individer (59, 61). Derav kan en høyere treningsfrekvens være fordelaktig for styrktrente individer ettersom det tillater mer tid i netto positiv proteinbalanse og dermed kan medføre større muskulære tilpasninger (61).

Selv om liknende styrke- og hypertrofigevinster kan oppnås uavhengig om ST gjennomføres til muskel- eller nært muskelutmattelse (2RIR) (37), kan trening til muskulær utmattelse påvirke restitusjon og nevromuskulær funksjon. For eksempel rapporterte Morán-Navarro, Pérez (62) at restitusjonstiden forlenges når styrketrening utføres til muskulær utmattelse. Derav kan ST-økter som ikke gjennomføres til muskulær utmattelse medføre kortere restitusjonstid mellom treningsøktene og dermed tillate høyere treningsfrekvenser.

3 Metode

I dette kapitlet vil det først redegjøres for begrepene validitet og reliabilitet. Deretter vil studiedesign, inkludert utvalgs-kriterier, rekruttering, randomisering, målinger og test-og treningsprotokoller som ble benyttet beskrives. Diskusjonen av metodiske styrker og svakheter fremkommer i sin helhet i oppgavens diskusjonsdel.

3.1 Validitet og reliabilitet

3.1.1 Validitet (Gyldighet)

Validitet, også kalt gyldighet, refererer til hvor godt en studie måler det den er ment å måle (63). Innenfor validitet i forskningsmetodikk skilles det vanligvis mellom intern og ekstern validitet. Intern validitet refererer til hvor godt en studie eller et eksperiment er designet og gjennomført for å kunne trekke konklusjoner om årsakssammenhenger mellom variabler i studien, og om funnene er gyldige innenfor den spesifikke forskningssituasjonen (64). Ekstern validitet handler derimot om i hvilken grad studiens funn kan generaliseres eller overføres til ulike populasjoner eller situasjoner utenfor den spesifikke konteksten studien fant sted (64).

3.1.2 Reliabilitet (Pålitelighet)

Reliabilitet refererer til hvor pålitelig og konsekvent resultatene i en studie eller en måling er (63). Det er viktig at studiens målemetoder gir konsekvente resultater ved gjentatte målinger under liknende forhold, som eksempelvis fra pre-test til post-test. Dette sikrer at eventuelle endringer mellom to testtidspunktet faktisk reflekterer reelle endringer i de variablene som studeres, og ikke tilfeldige feil ved måleinstrumentet eller variasjoner i selve undersøkelsesopplegget (63).

3.2 Studiedesign

For å besvare oppgavens problemstilling ble det anvendt et kvantitativt eksperimentelt design med en treningsintervensjon over åtte uker med pre-og post testing. Målet med designet har vært å muliggjøre observasjon av endringer i variabler over tid, gjennom før- og etter-testing med en treningsintervensjon imellom. Dette bidrar til å måle potensielle effekter på muskelstyrke og hypertrofi over tid.

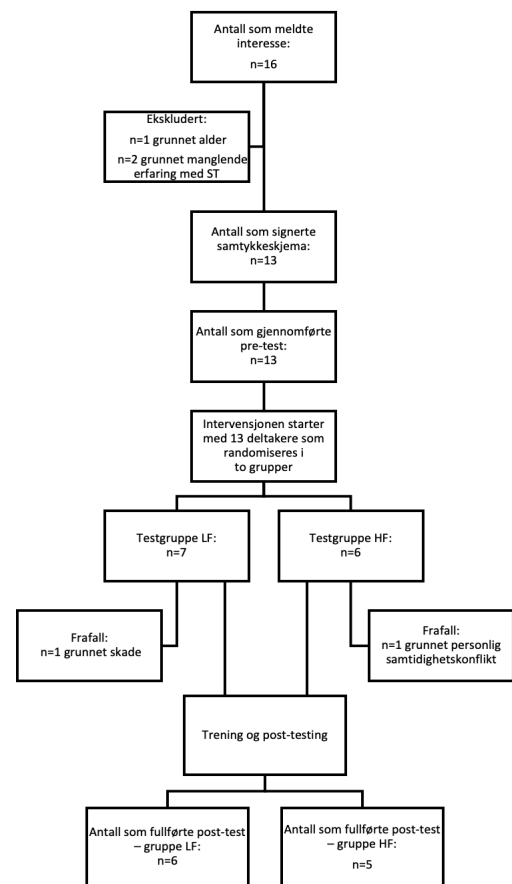
3.2.1 Utvalg

3.2.1.1 Rekruttering

Rekruttering av deltakerne til studien foregikk gjennom sosiale medier og det lokale treningssenteret, Kraft Sportssenter tilknyttet Universitetet i Tromsø – UIT. Totalt 16 meldte interesse og 13 oppfylte inklusjonskriteriene. Inklusjonskriteriene for studien var kvinner i alderen 18-45 år som var skadefri, hadde gjennomført jevnlig styrketrening to til tre ganger per uke de siste seks månedene og som hadde erfaring med trening av øvelsene knebøy og benkpress. Flytskjema over prosjektperioden er presentert i Figur 2.

3.2.1.2 Deltakere og organisering av treningsfrekvensgrupper

Totalt 13 kvinnelige deltakere (alder: 29.1 ± 6.3 år, høyde: 168 ± 7.3 cm, vekt: 67 ± 12.5 kg) deltok i studien. Deltakerkarakteristika fra pre-test er presentert i Tabell 1. Deltakerne ble randomisert til enten en høyfrekvens gruppe (HF) eller en lavfrekvensgruppe (LF), basert på antall ukentlig treningsøkter. En slik inndeling gjør det i større grad mulig å vurdere treningsfrekvensen spesifikke effekt og tillater en direkte sammenlikning mellom de ulike treningsfrekvensene (65). Deltakerne ble pålagt å fullføre $\geq 85\%$ av treningsøktene for å inkluderes i analysene. Ved å sette en minimumsgrense for gjennomføring reduseres variasjon i treningsdosering mellom deltakerne. Dette gjør at endringer i muskelstyrke og hypertrofi mer pålitelig kan tilskrives effekten av treningsfrekvensen, noe som bidrar til å styrke troverdigheten av funnene (65). Videre ble deltakerne tilfeldig tildelt de ulike eksperimentelle gruppene ved bruk av blokkrandomisering i statistikkprogrammet Stata (versjon 17; StataCorp LLC, Texas, United States). Randomiseringsmetoden sikrer en jevn fordeling av deltakere mellom intervensjonsgruppene og reduserer skjevheter i utvalget, noe som bidrar til å fremme pålitelige og generaliserbare resultater (66).



Figur 2: Flytskjema over prosjektperioden.

Tabell 1: Deltaker karakteristika fra pre-test.

Type karakteristika	LF n=6	HF n=7
Alder (år)	27 ± 5	30 ± 7
Høyde (cm)	170 ± 6	165 ± 8
Kroppsvekt (kg)	70 ± 13	63.5 ± 11.8
Kroppsfett (%)	27.4 ± 5.5	28 ± 6.3
Mager masse helkropp (kg)	47.6 ± 6.4	43 ± 7.4
Mager masse overkropp (kg)	22.9 ± 3.2	20.6 ± 3.2
Mager masse underkropp (kg)	15.7 ± 1.9	14.9 ± 3.5
1RM knebøy (kg)	78 ± 16	72 ± 24
1RM benkpress (kg)	44 ± 8	40 ± 7.5

Tallene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik (SD). LF: lavfrekvensgruppe. HF: høyfrekvensgruppe. Kg: Kilogram

3.2.2 Målinger

Alle målinger ble utført av kvalifisert personell og gjennomført i treningslaboratoriet tilhørende UIT. Før intervensjonens start og etter endte åtte uker ble følgende målinger gjort av alle deltakerne: høyde, vekt, Dual X-ray absorptiometry scan (DEXA) for måling av kroppssammensetning, samt måling av maksimal styrke ved hjelp 1RM test i knebøy og benkpress. Alle målingene ble gjort over én testdag og i samme rekkefølge som beskrevet over, se Figur 3. Deltakerne ble bedt om å avstå fra tung trening 24 timer før testing for å minimere risikoen for at annen aktivitet påvirket deltakernes ytelsesnivå under testene.



Figur 3: Skjematisk fremstilling av tester og prosjektperiodens varighet. DEXA: dual x-ray absorptiometry. 1RM: én repetisjon maksimum.

3.2.2.1 Dual-energy X-ray absorptiometry scan

DEXA er en bildediagnostisk metode som brukes for å kvantifisere og differensiere mellom de ulike vevstypene i kroppen inkludert fettvev, magermasse (fettfri masse) og benvev. Metoden gir informasjon om mengde og fordeling av de ulike massene totalt og regionalt i kroppen med høy nøyaktighet (67, 68) og regnes som gullstandard for måling av kroppssammensetning (67-69).

Basert på målemetodens høye grad av nøyaktighet og anerkjennelse som gullstandard for måling av kroppssammensetning ble målemetoden benyttet i studien. Deltakernes kroppssammensetning, herunder mager masse underkropp (MMU), mager masse overkropp (MMO), mager masse helkropp og fettprosent ble målt før og etter treningsintervensjonen ved hjelp av DEXA, ved bruk av Lunar Prodigy Advance (GE Medical Systems, Madison, Wisconsin, USA), inkludert enCORE-programvaren (GE Medical Systems, Madison, Wisconsin, USA). Alle deltakerne gjennomgikk en helkroppsskanning i samsvar med produsentens retningslinjer (70) og instrumentet ble kalibrert før måling. For å sikre nøyaktige og pålitelige Dexa-målinger, måtte deltakerne følge standardiserte retningslinjer angående klær og tilbehør under undersøkelsen. Deltakerne ble bedt om å fjerne smykker, metall, sko og klær – unntatt undertøy. Tiltakene ble implementert for å minimere eventuelle forstyrrelser i målingene og sikre at resultatene reflekterte deltakernes faktiske kroppssammensetning mest mulig presist (70). Deltakerne ble instruert til å ligge på ryggen med armene langs siden, litt ut fra kroppen. Beina ble knytt sammen med en rem og lagt i en avslappet innover-rotasjon. Ettersom væskebalanse kan påvirke måleinstrumentets nøyaktighet (67), ble deltakerne bedt om å møte i fastende tilstand tilsvarende 12 timer før målingen. Etter gjennomført måling fikk deltakerne 30-40 minutter på å spise og drikke før videre testing.

3.2.2.2 Målinger av 1RM knebøy og benkpress

1RM-testene ble utført i samsvar med retningslinjene fastsatt av National Strength and Conditioning Association (71). Instruksjoner og veiledning ble gitt for å sikre at deltakerne utførte øvelsene med en sikker teknikk. Før 1RM testing ble det gjennomført en generell oppvarmingsrutine som bestod av ti minutter på ergometersykel (Pro/Trainer, Wattbike Ltd., Nottingham, UK) på lav intensitet. Videre gjennomførte deltakerne fire oppvarmingssett med progressiv økt motstand som er med henholdsvis ti repetisjoner på 50%, fem repetisjoner på 70%, tre repetisjoner på 80% og én repetisjon på 90% av forventet 1RM som foreslått av Gjerset, Nilsson (23). Deretter økte den ytre motstanden med stadig mindre intervaller (2.5-5kg) til 1RM var nådd. Pause mellom sett ble satt til tre minutter (23). Det ble gitt så mange forsøk som nødvendig, men

deltakerne ble oppfordret til å nå 1RM innen fem forsøk. Det tyngste godkjente løftet ble registrert som deres 1RM og ble brukt i videre analyser. Samme oppvarmingsprotokoll ble brukt for både knebøy og benkpress. For å sikre pålitelighet og nøyaktighet i datainnsamlingen ble målingene utført av samme testpersonell ved både pre-og post test (72).

Styrke i underekstremitetene ble målt ved bruk av 1RM test i knebøy til parallell dybde mellom hofte-og kneledd. For at forsøket i øvelsen knebøy skulle bli godkjent måtte deltakerne oppnå parallell dybde i bunnposisjon, samt utstrakt kne-og hoftledd i topposisjon. Parallell knebøy referer til en dybde der lyskefolden er i en rett horisontal linje med toppen av kneets muskulatur (73). Overkroppstyrke ble målt ved å teste 1RM i benkpress. Deltakerne ble instruert til å holde en grepsbredde der lillefingrene var plassert rett innenfor grepsmarkeringene på stangen. For å få godkjent løft i benkpress måtte hodet, skuldrene og setet være i kontakt med benken og hele fotsålen måtte være i kontakt med gulvet under løftet. Videre måtte stangen berøre brystet i bunnposisjon og full ekstensjon i albueleddet i topposisjon måtte oppnås. Figur 4 illustrerer topp-og bunnposisjon for godkjent løft i knebøy og benkpress. Begge øvelsene ble utført med en olympisk vektstang og vektskiver (T-100G, Eleiko, Sverige). For å ivareta deltakernes sikkerhet under både knebøy og benkpress ble sikkerhetsstenger festet til løftestativet. Under knebøy ble sikkerhetssengene plassert så nært stangen som mulig i bunnposisjon. Plasseringshøyde for sikkerhetsstenger ble notert ned for å sikre at deltakerne opprettholdt samme leddvinkel ved både pre-og post testing.

Overnevnt standardisering og tiltak sikrer konsekvente testbetingelser, slik at målingene gjennomføres under like forhold hver gang. Videre sikrer standardiseringen at eventuelle endringer i styrke kan tilskrives deltakernes faktiske progresjon og ikke variasjoner i utførelse av testøvelsene (72).



Figur 4: Illustrasjon av topp-og bunnposisjon for godkjent løft i knebøy (A-B) og benkpress (C-D)

3.2.3 Treningsprosedyre

Intervensjonens varighet var på åtte uker og bestod av to styrkeøkter per uke for LF (totalt 16 økter) og fire styrkeøkter per uke for HF (totalt 32 økter). Mens HF-gruppen fordelte settene jevnt over fire treningsøkter per uke, gjennomførte LF-gruppen tilsvarende fordelt på to treningsøkter. Som et resultat av dette gjennomførte HF-gruppen to sett per øvelse og hadde dermed kortere treningsøkter med en varighet på cirka 30 minutter per økt. LF-gruppen gjennomførte fire sett per øvelse og hadde dermed en lengre total varighet per treningsøkt tilsvarende 60 minutter. Hver treningsøkt, uavhengig av gruppeinndeling bestod av fullkroppsokter. For å kontrollere for volum, var det totale ukentlige volumet likestilt mellom gruppene. Ved å likestille for volum, vil man i større grad kunne sikre at eventuelle endringer i styrke og hypertrofi tilskrives treningsfrekvensen og ikke variasjoner i treningsvolumet.

Intensiteten i knebøy og benkpress ble styrt av prosenten av deltakernes 1RM fra pre-test. Repetisjonsantallet for hovedøvelsene knebøy og benkpress varierte fra fire til ti repetisjoner og treningsmotstanden varierte mellom 70-90% av 1RM, med to minutter pause mellom sett. Repetisjonsantall, intensitet og pausetid baserer seg på tidligere nevnte anbefalinger om at trening innenfor de overnevnte parameterne optimaliserer forholdene for muskelstyrke og hypertrofi (4, 8).

Treningsmotstand og repetisjonsantall for knebøy og benkpress ble i begynnelsen av intervensjonen periodisert med flere repetisjoner og lavere belastning. For å optimalisere treningsrespons og fremgang gjennom intervensjonsperioden ble repetisjonsantall og intensitet gradvis justert hver andre uke, med en reduksjon i repetisjonsantall og økning i intensitet, slik som anbefalt av Schoenfeld, Fisher (8). I de øvrige øvelsene ble repetisjonsantallet holdt konstant for begge grupper gjennom hele intervensjonsperioden. De øvrige øvelsene bestod av ti repetisjoner med unntak av millitærpress som bestod av seks repetisjoner, med en intensitet tilsvarende RPE 8. Dersom deltakerne opplevde at de hadde mer enn to repetisjoner igjen i reserve, ble de oppfordret til å øke vekten med 2,5-5 kg for neste sett. Pausene for de øvrige øvelsene ble satt til 90 sekunder. Det var ikke fastsatt spesifikke treningsdager for deltakerne. Imidlertid var det ett krav om minimum én hviledag mellom treningsøkter for LF-gruppen og én hviledag mellom hver andre treningsøkt for HF-gruppen. Slik det fremkommer i tabellen under gjennomførte LF-gruppen første økt på treningsdag én og andre økt på treningsdag to, mens HF gruppen gjennomførte første økt på dag én og to, deretter økt to på dag tre og fire. Treningsprogrammet er presentert i Tabell 2.

Treningen foregikk uten direkte fysisk tilstedeværelse, veiledning eller tilsyn fra en trener. Deltakerne stod derfor selv ansvarlig for at selve gjennomføringen av treningsøktene var i samsvar med det angitte treningsprogrammet. Imidlertid var deltakerne pålagt å sende inn rapporteringsskjema og minst én video av utførelse i knebøy og benkpress etter hver fullført treningsuke. Rapporteringsskjemaet inneholdt antall kilo løftet i hver øvelse, samt deltakernes opplevde følelse av RIR, se vedlegg 2. På denne måten kunne testlederen opprettholde tilstrekkelig kontroll over treningshistorikk og progresjon, samt at treningsøktene ble gjennomført i henhold til oppsatt treningsprogram. Det var ikke tillatt med noe annen form for systematisk styrketrening parallelt med intervensjonen, men deltakerne stod fritt til å trene utholdenhet eller annen ønskelig aktivitet.

Tabell 2: Treningsprogram for LF og HF.

		Øvelser		Repetisjoner og belastning			
LF	Økt 1	Økt 2	Uke 1-2	Uke 3-4	Uke 5-6	Uke 7-8	
HF	Økt 1&2	Økt 3&4					
	Knebøy	Knebøy	10 reps (70% 1RM)	8 reps (75% 1RM)	6 reps (80% 1RM)	4 reps (85-90% 1RM)	
	Benkpress	Benkpress	10 reps (70% 1RM)	8 reps (75% 1RM)	6 reps (80% 1RM)	4 reps (85-90% 1RM)	
	Strake markløft	Militærpress	Støtteøvelser uke 1-8				
	Leg extension	Liggende lårcurl	10 repetisjoner				
	Sittende roing	Nedtrekk bredt grep	(unntatt militærpress: 6 reps)				
			RPE 8/2RIR				

LF: Lavfrekvensgruppe. HF: Høyfrekvensgruppe. 1RM: én repetisjon maksimum. RPE: Grad av opplevd anstrengelse RIR: Repetisjoner i reserve.

3.3 Statistisk analyse

Alle statistiske analyser ble gjort ved bruk av statistikkprogrammet Stata (versjon 18; StataCorp LLC, Texas, United States). Shapiro Wilks-test, samt visuell inspeksjon av QQ-plot ble benyttet for å bekrefte normalfordeling av alle variabler. Variasjonsanalyse (ANCOVA) ble brukt for å vurdere forskjeller mellom gruppene. Post-testverdien ble modellert som avhengig variabel, der variabelen «gruppe» ble tatt med som en kategorisk variabel med to nivå kodet som 2 og 4, hvor pre-testresultatet ble inkludert som et kontinuerlig kovariat i modellen ($Y_{\text{posttest}} = b_1\text{gruppe} + b_2\text{pretest}$). Denne statistiske tilnærmingen har vist seg å gi mer valide og presise estimater sammenlignet med eksempelvis en t-test (74). For å fremstille resultatene grafisk, tilpasset vi modellen til å bruke endringsskår som avhengig variabel ($YD = b_1\text{Gruppe} + b_2\text{Pretest}$), noe som tilsvarer ANCOVA hvor endringsskårene er justert for baselineverdiene (75). Signifikansnivået ble satt til $\alpha = 5\%$. Deskriptive data presenteres som gjennomsnitt \pm standardavvik (SD) og modellerte utfall som justert gjennomsnittlig differanse mellom grupper med tilhørende 95% konfidensintervall (KI). Endringer fra pre til posttest innad i hver gruppe er kun rapportert ved bruk av deskriptiv statistikk ettersom sammenlikninger mot baseline innad i hver gruppe kan gi misvisende konklusjoner (76).

3.4 Ivaretagelse av personvern

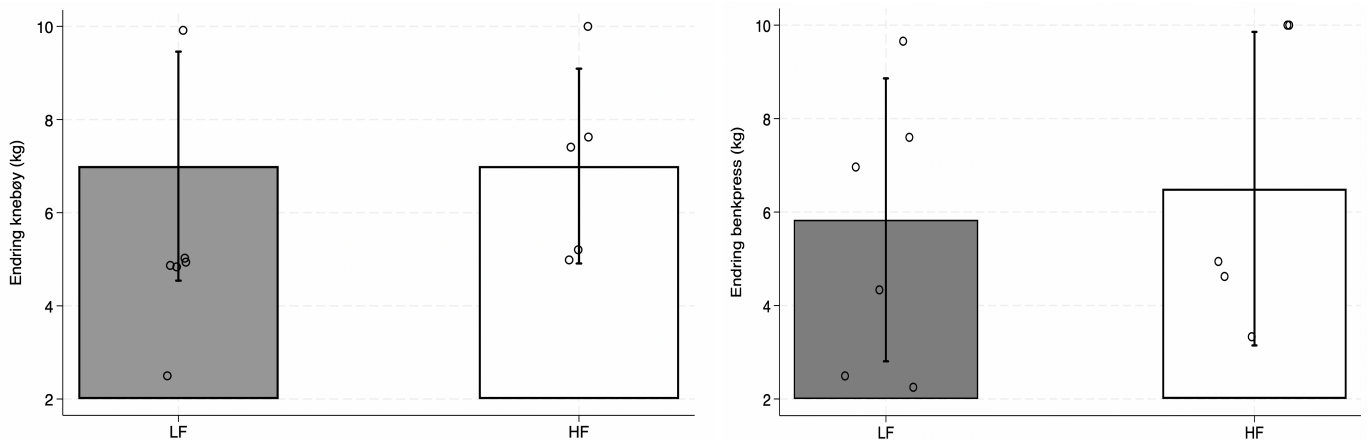
Alle deltakerne ble informert både skriftlig og muntlig om studiens hensikt, samt potensielle risikoer og gevinster knyttet til studien. Deltakerne ble også informert om retten til å trekke seg fra studien uten å måtte oppgi grunn. Før studiets start signerte deltakerne et samtykkeskjema, se vedlegg 1. Studien ble godkjent av Datatilsynet for lagring av persondata (SIKT), godkjenningsreferanse: 901774. Alle deltakerne ble anonymisert, tildelt ett ID-nummer og kunne kun identifiseres gjennom en koblingsnøkkel. Informasjon som kunne spores tilbake til deltakerne var kun tilgjengelig for autorisert personell tilknyttet studien, der tilgang krevde innlogging med to-faktor autentisering. I løpet av datainnsamlingsprosessen benyttet deltakerne delingsplattformen OneDrive som var sikret med passordbeskyttelse for å dele relevante dokumenter og filer relatert til studien.

4 Resultat

Totalt 11 av 13 deltakere, 6 i LF og 5 i HF fullførte post-test. Totalt to deltakere trakk seg fra studien i løpet av intervensjonsperioden; en deltaker fra LF på grunn av skade forårsaket av annen aktivitet utenfor studien og en deltaker fra HF på grunn av personlig samtidighetskonflikt. Deltakerne som fullførte post-test, gjennomførte i snitt 95% av treningsøktene i løpet av intervensjonsperioden.

4.1 Endringer og forskjeller i 1 RM

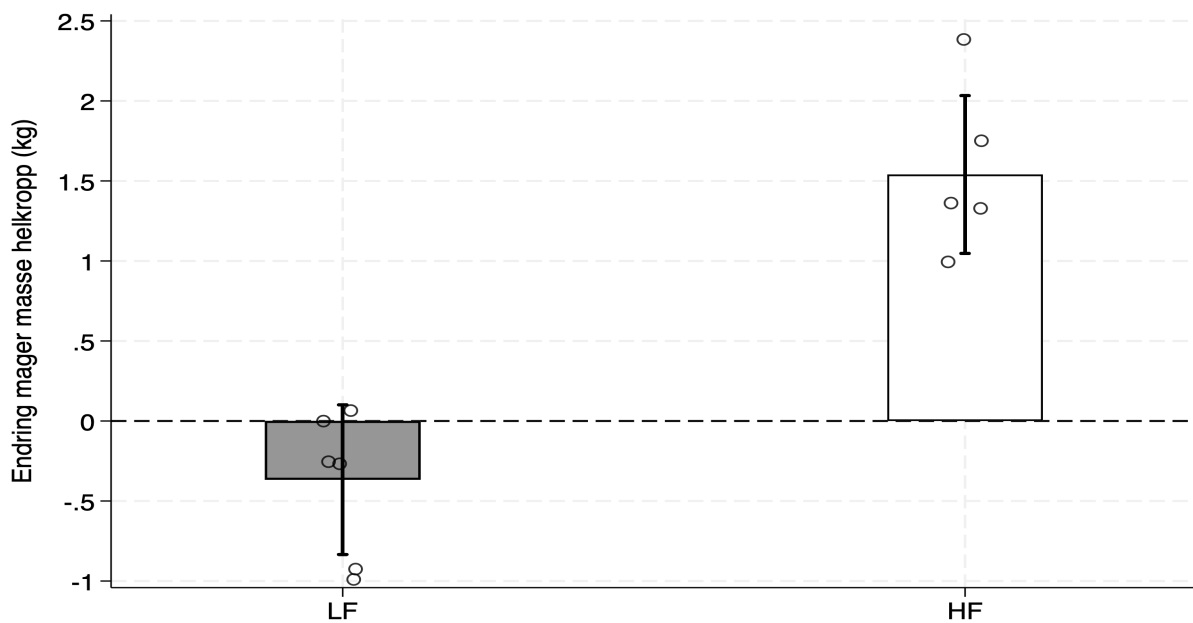
Det ble ikke observert signifikante forskjeller mellom gruppene i benkpress ($p=0.48$) eller knebøy ($p=0.29$) ved post-test. HF hadde en gjennomsnittlig økning med henholdsvis 9.9% (7 ± 2.1 kg) i knebøy og 13.7 % (6.5 ± 3.4 kg) i benkpress. LF hadde en gjennomsnittlig økning på henholdsvis 5.6 % i knebøy (5.4 ± 2.5 kg) og 10.5% i benkpress (5.8 ± 3.0 kg). Data er presentert som gjennomsnitt \pm SD. Scatter-dots illustrerer individuelle observasjoner, se figur 5.



Figur 5: Endringer i antall kg i knebøy (A) og benkpress (B). LF: Lavfrekvensgruppe. HF: Høyfrekvensgruppe. Kg: Kilogram. Data er presentert som gjennomsnitt \pm SD. Scatter-dots illustrerer individuelle observasjoner.

4.2 Endringer og forskjeller i mager masse helkropp

Det ble observert signifikante forskjeller mellom LF og HF i MMH fra pre til post tilsvarende 1.8 kg ($p < 0.05$). LF hadde en gjennomsnittlig nedgang i MMH tilsvarende -0.2% (-0.13 ± 1.1 kg). HF hadde en gjennomsnittlig økning tilsvarende 3.5% (1.6 ± 0.5 kg). Data er presentert som gjennomsnitt \pm SD med scatter-dots illustrerer individuelle observasjoner, se Figur 6. Ingen forskjell ble observert mellom grupper i MMO og MMU.



Figur 6: Endring i mager masse helkropp for LF og HF. LF: lavfrekvensgruppe. HF: høyfrekvensgruppe. Data er presentert som gjennomsnitt \pm SD. Scatter-dots illustrerer individuelle observasjoner.

4.3 Oppsummering av endringer og forskjeller

Tabell 3 viser gjennomsnittsverdier for kroppssammensetning og muskelstyrke ved pre og post test for LF og HF, i tillegg til forskjeller mellom grupper fra post-test. Målinger i kroppssammensetning inkluderer kroppsvekt, fettprosent, MMH, MMO og MMU. Målinger av muskelstyrke inkluderer 1RM i knebøy og benkpress. Pre-og post verdiene er presentert som gjennomsnitt \pm SD. Differansen mellom gruppene er presentert som justert gjennomsnittlig differanse med korresponderende 95% konfidensintervall.

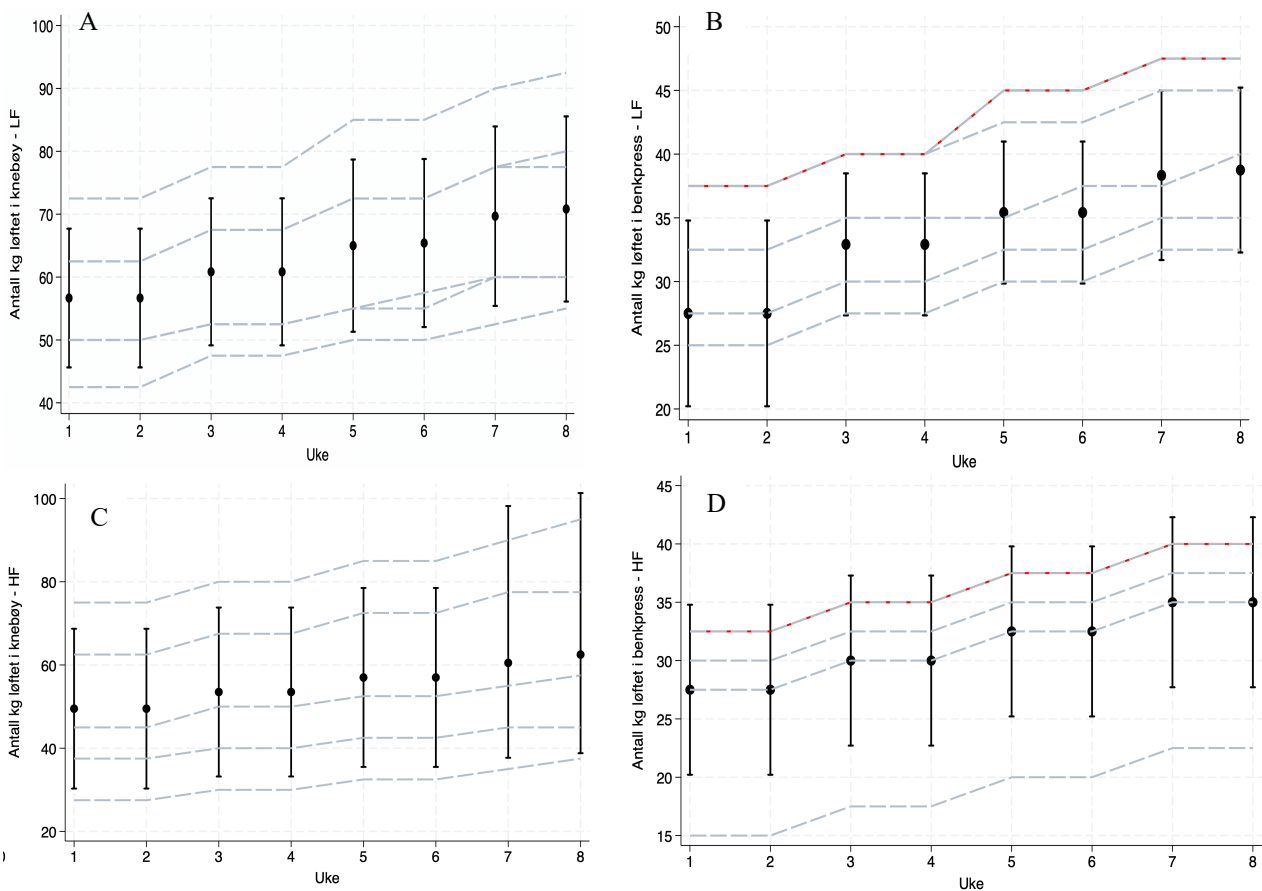
Tabell 3: Endringer i muskelstyrke og kroppssammensetning fra pre til post-test for LF og HF.

Målinger	LF (n=6)		HF (n=5)		Justert gjennomsnittlig differanse (95% KI)
	Pre	Post	Pre	Post	
Kroppsvekt (kg)	70.1 \pm 14.4	70.3 \pm 15.0	63 \pm 13.2	63.4 \pm 14.0	0.5 (-1.0 – 2.0)
Kroppsfett (%)	27.9 \pm 5.9	27.9 \pm 5.9	28.7 \pm 6.8	26.8 \pm 6.5	-1.7 (-3.5 – - 0.1)
MMH (kg)	47.9 \pm 7.0	47.8 \pm 7.4	42.2 \pm 7.9	43.7 \pm 8.1	1.8 (0.4 – 3.2)
MMO (kg)	23.0 \pm 3.4	22.5 \pm 3.8	19.9 \pm 3.3	21.1 \pm 3.5	0.9 (-1.6 – 3.5)
MMU (kg)	16.3 \pm 2.6	16.75 \pm 2.7	14.7 \pm 3.9	14.9 \pm 3.6	-0.2 (-0.9 – 0.5)
1 RM knebøy	82.1 \pm 15.7	87.5 \pm 14.6	70.5 \pm 26.7	77.5 \pm 28.1	1.7 (-1.8 – 5.3)
1 RM benkpress	47.5 \pm 8.8	53.3 \pm 9.8	39.5 \pm 8.4	46 \pm 10.3	1.6 (-3.4 – 6.6)

Justert gjennomsnittsdifferanse mellom grupper er den estimerte forskjellen mellom grupper ved post-test etter justering for pretest verdien. Gjennomsnittsverdier \pm SD for pretest og posttest, samt justert gjennomsnittlig differanse mellom grupper og korresponderende 95% konfidensintervall LF: Lavfrekvensgruppe, HF: Høyfrekvensgruppe, MMH: mager masse helkropp, MMO: mager masse overkropp, MMU: mager masse underkropp, 1RM: én repetisjon maksimum, KI: konfidensintervall.

4.4 Innrapporterte tall fra deltakere

Figur 7 viser ukentlige progresjon innad i hver gruppe for knebøy og benkpress, basert på innrapporterte tall fra deltakerne. A og B viser antall kg løftet for LF-gruppen, mens C og D viser antall kg løftet for HF gruppen. Figuren viser gjennomsnittlig vekt i antall kg løftet hver uke, med standardavviket angitt som stolper for å illustrere variasjonen blant deltakerne. De ensfargede stiplede linjene viser individuelle observasjoner. Deltakere med lik ukentlige progresjon er markert med rød og grå stiplet linje.



Figur 7: Innrapporterte tall for antall kg løftet per uke i knebøy og benkpress for LF og HF. Figur A og B viser innrapporterte tall for LF. Figur C og D viser innrapporterte tall for HF. Ensfarvet stiplet linje: individuelle observasjoner. Tofarget stiplet linje: deltakere med lik ukentlig progresjon.

5 Diskusjon

Diskusjonskapittelet er strukturert i to deler. I den første delen diskuteres funnene fra studien i lys av tidligere forskning og teori. I den andre delen redegjøres det for hvordan de metodiske valgene har påvirket studiens validitet og reliabilitet. Dette gjøres gjennom å drøfte ulike aspekter ved studien som kan ha innvirkning på resultatene, og diskutere styrker og svakheter knyttet til studiens metodikk.

5.1 Diskusjon av resultater

Hensikten med studien var å undersøke effektene av ulik treningsfrekvens på maksimal styrke og hypertrofi ved å trene to versus fire økter i uka når totalt treningsvolum var likestilt mellom gruppene. Hovedfunnene fra studien viste ingen signifikant forskjell mellom HF og LF i knebøy og benkpress fra pre- til post test. Imidlertid ble det observert signifikante forskjeller i hypertrofi mellom treningsfrekvensgruppene, med en nedgang i MMH i LF-gruppen og en økning i HF-gruppen.

5.1.1 Endringer og forskjeller i 1RM

Resultatene fra studien indikerer at to treningsøkter i uka er like effektivt som fire treningsøkter i uka for å frembringe økninger i muskelstyrke ved likestilt volumbelastning. Funnene fra studien bekrefter dermed hypotesen om at fire treningsøkter i uka ikke gir ytterligere styrkeøkninger ved likestilt volumbelastning.

Resultatene fra studien følger samme trend som er observert i tidligere studier (5, 6, 12-16, 21, 22, 77). Ettersom testøvelsene var en del av treningsprogrammet kan det forventes styrkeforbedringer på grunn av prinsippet om spesifisitet (39). Imidlertid er en svakhet ved studien den forholdsvis korte intervensjonsperioden på åtte uker. Selvom studiens varighet sammenfallende med de tidligere nevnte studiene, kunne en lengre intervensjonsperiode vært nødvendig for å observere signifikante forskjeller mellom gruppene.

Ettersom begge gruppene oppnådde lignende effekter i maksimal styrke ved ulike treningsfrekvenser, stiller dette spørsmål ved hypotesen til Shea, Lai (58) om at hyppigere utførelse av en øvelse leder til større økninger i styrke på grunn av forbedret nevralt effektivitet. Imidlertid var det en tendens til større relativ økning i benkpress sammenliknet med knebøy noe som var gjeldende for begge treningsfrekvensgruppene. Selvom deltakerne hadde trent regelmessig styrketrening og hadde kjennskap til øvelsene knebøy og benkpress, indikerer ikke dette nødvendigvis at øvelsene har blitt trent med samme grad av regelmessighet og struktur

før treningsintervensjonens start. Dette kan i så måte ha ført til at benkpress representerte et større potensial for teknisk forbedring i løpet av intervensjonsperioden sammenliknet med knebøy. Den økte eksponeringen for benkpress kan derav ha ført til at det har oppstått en potensiell læringseffekt, der repetert praksis kan ha forbedret den tekniske utførelsen gjennom mer effektiv bruk av involverte muskelgrupper (7, 38). Dette kan i sin tur ha bidratt til økt styrke, uten at det nødvendigvis har ført til muskelvekst (39). På bakgrunn av dette kan det derfor ikke utelukkes at de primære underliggende mekanismene som førte til de observerte styrkeøkningene var drevet av nevro-muskulære tilpasninger.

Videre understøtter funnene at det ikke er nødvendig å trene til muskulær utmattelse for å oppnå betydelig økning i styrke (37, 78). Styrkeøkningen som ble observert i begge treningsfrekvensgruppene tyder på deltakerne har trent med en høy nok belastning til å forårsake tilstrekkelig mekanisk drag. Resultatene fra studien tyder videre på at deltakerne trente med et volum som var tilstrekkelig for å fremme styrkegevinster, uten at det gikk på bekostning av de negative konsekvensene som et for høyt treningsvolum potensielt kan medføre.

Oppsummert viser resultatene at en høyere treningsfrekvens ikke fører til ytterligere forbedringer i maksimal styrke blant moderat trente kvinner, så lenge volumet er konstant mellom gruppene. Dette tyder på at forbedringer i muskelstyrke hovedsakelig ble drevet av et tilstrekkelig treningsvolum, snarere enn av treningsfrekvensen som en isolert faktor alene.

5.1.2 Endringer og forskjeller i MMH

HF-gruppen som trente fire økter i uka, viste en signifikant større økning i MMH sammenliknet med LF-gruppen som trente to økter i uka. Funnene indikerer at en høyere treningsfrekvens kan ha en positiv effekt på muskelhypertrofi når det totale treningsvolumet holdes konstant. Funnene motstrider dermed den opprinnelige hypotesen om at fire treningsøkter i uka ikke gir ytterligere hypertrofi gevinster enn to treningsøkter i uka når volumet er likestilt. Resultatene står likevel i kontrast til flertallet av tidligere studier der det ikke har blitt observert forskjeller i muskelhypertrofi ved likestilt volum (11, 12, 15, 16, 22).

Imidlertid kan det være flere potensielle årsaker til de observerte funnene i studien. Ettersom LF-gruppen hadde et høyere volum per økt kan dette ha medført større muskeltretthet under treningsøktene og lengre restitusjonstid sammenliknet med HF-gruppen som fordelte treningsvolumet over flere økter (20, 57). Når muskeltretthet øker, spesielt når man trener med

sett til nær muskulær utmattelse, kan det være vanskeligere å nøyaktig estimere RPE og RIR, noe som ofte resulterer i en underestimering av målingene (78). Dette kan ha ført til at HF-gruppen har trent på en lavere belastning i støtteøvelsene enn det som var tiltenkt. Dette kan ha påvirket det mekaniske draget som er viktig for å fremme hypertrofi ved å initiere cellulære responsmekanismer som stimulerer til økt muskelproteinsyntese (50). Dermed kan HF-gruppens evne til å opprettholde høyere intensitet per treningsøkt, ha vært en kritisk faktor for de signifikante forskjellene som ble observert mellom gruppene.

Videre kan mangelen på fysisk tilstedeværelse og veiledning under treningsøktene bidratt til at deltakerne ikke har fulgt treningsprogrammet slik som det var tiltenkt. For LF-gruppen kan den økte muskeltrettheten som potensielt kan ha oppstått, resultert i lengre pauser mellom sett enn det som var oppført i treningsprogrammet. Lengre pausetider mellom settene kan dermed ha redusert det metabolske stresset betydelig og dermed begrenset evnen til oppsamlingen av metabolitter som laktat, som bidrar til å fremme muskelvekst (41). På den andre siden kan HF-gruppen som fordelte treningsvolumet over flere dager og dermed hadde ett lavere volum per treningsøkt sammenliknet med LF-gruppen ha opplevd mindre muskeltretthet. Dette kan ha muliggjort kortere pauser mellom sett og dermed ført til et høyere metabolsk stress. Følgelig kan dette ha bidratt til deres observerte økning i MMH ved å fremme kontinuerlig muskelstimulering og effektiv utnyttelse av anabole mekanismer.

Videre kan fraværet av veiledning ha begrenset deltakernes evne til å systematisk øke belastningen over tid i støtteøvelsene, noe som er en viktig variabel for å forhindre ytelsesplataer (8). Fysisk veiledning kunne potensielt ha sikret at deltakerne opprettholdt høyere grad av intensitet gjennom treningsøktene (79). Det er derfor en risiko for at treningsprogrammet ikke har levert de forventede resultatene, og den faktiske effekten av treningsøktene kan ha blitt redusert med tanke på intensjonen.

Til sammenlikning med tidligere studier som i hovedsak har inkludert utrente individer (5, 11), inkluderte denne studien trente individer. For trente individer, hvor vinduet for positiv netto proteinbalanse er kortere, kan hyppigere treningsøkter derav være fordelaktig ved at det bidrar til å maksimere muskelproteinsyntesen og minimere periodene med protein nedbrytning (61). Det kan derfor antas at LF-gruppen som hadde en lavere treningsfrekvens, tilbrakte mindre tid i netto proteinbalanse gjennom intervensjonsperioden sammenliknet med HF-gruppen som hadde en høyere treningsfrekvens. Dermed kan hyppigere treningsøkter i HF-gruppen i større grad ha optimalisert forholdene for muskelvekst ved å opprettholde lengre perioder i netto

positiv proteinbalanse (61). Dette kan være en potensiell forklarende faktor på hvorfor HF-gruppen oppnådde større økninger i MMH enn LF-gruppen.

Gitt at volumbelastningen var likestilt mellom gruppene, indikerer våre funn at en høyere treningsfrekvens potensielt kan ha en positiv effekt på muskelhypertrofi hos moderat trente kvinner. Dette står i tråd med funn fra McLESTER, BISHOP (17) som viste at tre treningsøkter i uka førte til større styrke- og hypertrofigevinster enn én treningsøkt i uka hos trente individer ved likestilt volum. Imidlertid kan bruken av indirekte målemetoder som hudfoldmålinger og omkretsmålinger for å evaluere endringer i kroppssammensetning ha begrenset muligheten for å nøyaktig vurdere endringer i hypertrofi.

I kontrast til dette har flere nyere studier (12, 13, 15) anvendt liknende målemetode som er benyttet i denne studien for å evaluere hypertrofi, noe som kan ha ført til mer nøyaktige målinger av MMH. Studiene har imidlertid ikke vist samme positive sammenheng mellom høyere treningsfrekvens og hypertrofi som observert hos kvinnene i denne studien. Dette underbygger hypotesen om at kjønnsforskjeller kan spille en rolle i hvordan treningsfrekvens påvirker hypertrofi.

Selv om treningsvolumet tilsynelatende var tilstrekkelig for å fremme hypertrofi i HF-gruppen, viser nedgangen i LF-gruppen et overraskende avvik fra både tidligere studier og etablerte teorier. Denne uventede observasjonen reiser spørsmål om det er metodiske faktorer som kan ha påvirket resultatene. Dette diskuteres nærmere i kapittel 4.2.

Oppsummert indikerer studiens resultater at en høyere treningsfrekvens kan fremme muskelhypertrofi mer effektivt enn en lavere frekvens når totalt treningsvolum er konstant, spesielt hos moderat trente kvinner. Dette utfordrer tidligere antakelser og viser potensielle kjønnsforskjeller i respons på treningsfrekvensen. Det er imidlertid viktig å ta i betraktning at metodiske begrensninger relatert til studiens målemetoder kan ha hatt innvirkning på resultatenes nøyaktighet.

5.2 Diskusjon av metodikk

I det kommende delkapittelet redegjøres det for hvordan valg av metode har påvirket validiteten og reliabiliteten til studien. Faktorer som kan ha påvirket resultatene vil drøftes, og de metodiske styrkene og svakhetene ved tilnærmingen som ble benyttet vil diskuteres.

5.2.1 Validitet

5.2.1.1 Observasjon og veiledning

Basert på ideell metodisk praksis og teori er en svakhet ved studien er mangelen på fysisk tilstedeværelse under deltakernes treningsøkter. Mangelen på fysisk tilstedeværelse og veiledning under deltakernes treningsøkter kan ha medført økt risiko for avvik og variasjoner fra den planlagte intervensjonsprotokollen (79). Deltakernes selvrappotering av treningsøktene blir også mer sårbare for feilkilder og overrapportering av ønsket atferd (80). Uten fysisk veiledning kan dette ha ført til usikkerhet rundt hvorvidt deltakerne utfører treningsprotokollen og gjennomfører rapporteringer i henhold til angitte standarder og kriterier.

Det er således viktig å erkjenne at fraværet av veileder under treningsøktene kan ha påvirket studiens interne og eksterne validitet. Likevel var denne tilnærmingen nødvendig grunnet begrensninger knyttet til ressurser, herunder tid og tilgjengeligheten til fagpersonell. Derav var ikke fysisk veiledning under deltakernes treningsøkter praktisk gjennomførbart. For å kompensere for fraværet av fysisk veiledning og minimere innvirkningen dette kan ha hatt på studiens validitet ble flere tiltak implementert. Deltakerne mottok en detaljert beskrivelse av teknisk utførelse, supplert med videoer av øvelsen. Dette bidro til å standardisere utførelse og redusere variasjon som kan oppstå i fravær av direkte veiledning. For å sikre en god teknisk utførelse av spesifikke nøkkøvelser, som knebøy og benkpress, ble deltakerne pålagt å sende inn ukentlige videoer av gjennomføring i øvelsene. På en slik måte kunne eventuelle feil i teknisk utførelse identifiseres og korrigeres og i større grad sikre at deltakerne utførte øvelsene i tråd med de angitte standardene. I tillegg ble deltakerne bedt om å sende inn ukentlig rapporteringsskjema. Dette ga en oversikt over deltakernes respons på treningsprogrammet og gjorde det mulig å holde en overordnet oversikt over treningsprogresjonen og overholdelse av intervensjonsprotokollen. Parallelt med disse tiltakene var veilederen tilgjengelig for å svare på deltakernes spørsmål og gi støtte gjennom hele intervensjonsperioden. Denne kontinuerlige tilgjengeligheten bidro til å opprettholde en forbindelse mellom treningsveileder og deltakerne, og sikret at eventuelle usikkerheter eller spørsmål ble umiddelbart ble besvart.

Oppsummert ansees de ovennevnte tiltakene som hensiktsmessige og tilstrekkelige for å sørge for tilstrekkelig validitet i studien, til tross for de praktiske begrensningene knyttet til manglende fysisk tilstedeværelse og veiledning under deltakernes treningsøkter.

5.2.1.2 Utvalg

Deltakernes frivillige engasjement og egeninitierte kontakt for å delta i prosjektet kan potensielt resultere i et utvalg som er preget av spesifikke egenskaper og interesser(64). For å sikre tilstrekkelig deltakelse i studien, baserte deltakelsen seg på relativt få og enkle kriterier, noe som kan ha begrenset mangfoldet og økt homogeniteten i utvalget (64). Imidlertid var valgene nødvendig for å sikre at studien inkluderte et utvalg som kunne besvare problemstillingen. Selvom tilnærmingene i stor grad sikret engasjerte og kvalifiserte deltakere, er det en risiko for at utvalget ikke gjenspeiler seg i en større populasjon og dermed vanskeliggjør generalisering til en bredere populasjon.

På grunn av det begrensede utvalget i studien kan den statistiske styrken ha blitt påvirket. Dette kan ha ført til at studien har hatt en redusert kapasitet til å pålitelig identifisere reelle forskjeller eller effekter, selv om de faktisk eksisterer (81). Dette øker risikoen for type II-feil, der reelle effekter ikke blir oppdaget som kan ha ført til at betydelige funn har blitt oversett (81). Videre fører det begrensede utvalget til økt varians blant deltakerne (82). I vår analyse ble det observert en relativt stor spredning i resultatene som indikerer at endringer hos enkeltindivider hadde en betydelig innvirkning på det samlede resultatet. Spredningen i dataene kan ha forsterket effekten av outliers, noe som potensielt kan ha påvirket gjennomsnittet i en retning som ikke nødvendigvis representerer flertallets respons på treningsintervensjonen.

Til tross for de nevnte svakhetene, ble blokkrandomisering implementert som en del av studiedesignet for å redusere potensielle skjevheter i utvalget og sikre en jevn fordeling av deltakere mellom de ulike intervensjonsgruppene (66). Blokkrandomisering er spesielt gunstig i studier med små utvalg, da det i større grad bidrar til å sikre pålitelige og generaliserbare resultater, til tross for de begrensningene som følger med små utvalgsstørrelser (66). Dette styrker studiens interne validitet og sikrer i større grad at funnene reflekterer reelle effekter av den undersøkte intervensjonen, snarere enn resultat av tilfeldige variasjoner.

Selv om blokkrandomisering ikke kan eliminere alle de metodologiske begrensningene, bidro det med å sikre at studiens konklusjoner var så pålitelige som mulig under de gitte omstendighetene. Gitt oppgavens og studiens omfang og ressurstilgang, samt at dette er en

innledende studie hvor tematikken testes på kvinner, ansees de metodiske valgene for utvalg å være tilstrekkelige og veloverveide.

5.3 Reliabilitet (Pålitelighet)

5.3.1.1 DEXAs reliabilitet som måleenhet

En styrke ved studien er bruken av DEXA for måling av kroppssammensetning. DEXA er vist å være en nøyaktig og presis målemetode for å måle kroppssammensetning (67, 68). Målemetoden regnes som gullstandard for måling av kroppssammensetning og er benyttet i et bredt spekter av studier (67-69). Imidlertid er målemetodens nøyaktighet betinget av operatørens kompetanse og erfaring knyttet til bruk av måleinstrumentet (67, 83). Risikoen for eventuelle testfeil har blitt aktivt redusert ved at testleder har fått grundig opplæring i bruk av måleinstrumentet, samt veiledning av fagpersonell underveis i testingen. I tillegg satte testlederen satt seg grundig inn i produsentens retningslinjer (70) og hadde dermed en god forståelse for potensielle faktorer som kan påvirke målingene noe som øker påliteligheten til målingen.

På en annen side er en svakhet ved studien knyttet til manglende standardisering av testtidspunktene for DEXA-målingene. Selv om alle deltakerne ble instruert til å avstå fra mat og drikke tilsvarende 12 timer før DEXA, ble ikke målingene gjennomført på samme testtidspunkt ved pre-og post test. I tillegg ble det ikke kontrollert for kosthold i løpet av intervensjonsperioden. Variasjoner i saltinntak og karbohydratinntak kan påvirke kroppens væskebalanse gjennom å øke kroppens lagring av glykogen og dermed binde mer vann (36). Etersom DEXA er sensitiv for hydreringsstatus (67) kan de overnevnte faktorene ha påvirket nøyaktigheten av kroppssammensetningsmålingene i studien.

De overnevnte svakhetene knyttet til DEXA kan være en potensiell forklaring på LF-gruppens observerte nedgang i MMH og derav de signifikante forskjellene mellom gruppene. Imidlertid fremstår de observerte funnene i MMH for LF-gruppen som overraskende og i kontrast til etablert teori og tidligere empiriske funn. Det er derfor mulig at resultatene har blitt påvirket av eksterne variabler som påvirker målenøyaktigheten og at de observerte endringene ikke representerer treningsfrekvensens faktiske effekt på hypertrofi.

For å sikre høyere grad av målenøyaktighet ville det vært fordelaktig å standardisere testprosedyrene ytterligere. Dette inkluderer både standardisering av testtidspunkt og implementering av strengere retningslinjer for deltakernes kosthold og hydreringsstatus

gjennom intervensjonsperioden. Ytterligere tiltak kunne eksempelvis omfatte bruk av kostholdslogg og hydreringskontroll for å minimere ernæringsmessige variabler som potensielt kan påvirke måleresultatets nøyaktighet. På bakgrunn av deltakernes varierende og uforutsette tidsplaner var det utfordrende å fastsette og overholde standardiserte testtidspunkter og kostholdsrestriksjoner.

Gitt at det er manglende forskning isolert på kvinnelige trente individer, vanskeliggjør dette å generalisere våre funn basert på denne oppgaven alene. Selvom kvinner og menn har vist å oppnå liknende økninger i hypertrofi som følge av styrketrening (19), kan vi ikke med høy konfidens fastslå at kjønn alene er grunnen til avvikene vi ser. Til dette trengs det ytterligere forskning som inkluderer strengere retningslinjer for standardisering av testtidspunkter og kostholdskontroll. Dette vil bidra til å fastslå om det er metodiske valg som fremprovoserer avvikene, og derav bekrefte eller avkrefte den faktiske effekten av treningsfrekvens på hypertrofi mellom kvinner og menn.

5.3.1.2 1RM

Ettersom det kan ha oppstått en potensiell læringseffekt som følge av treningsintervensjonen, og da spesielt i benkpress kunne det vært fordelaktig og hatt en tilvenningsfase for å jevne ut tekniske forskjeller i prestasjoner, før innledende test og start av treningsprogram. En slik fase kunne potensielt ha redusert læringseffekten og i større grad ha sikret at de observerte styrkeøkningene kunne tilskrives treningsintervensjonen snarere enn forbedringer i teknikk.

Imidlertid ble det benyttet standardiserte testprotokoller og målingene ble gjennomført av samme testpersonell ved både pre-og posttest, noe som skaper konsistens og reduserer risikoen for feil eller variasjoner i datainnsamlingen (72). Selvom deltakernes erfaringsnivå varierte, sikret studiens inklusjonskriterier at deltakerne hadde tilstrekkelig erfaring til å gjennomføre øvelsene på en tilfredsstillende måte. Derav reduseres risikoen for tekniske feil, skader eller misforståelser under testingen (25). Tiltakene, i kombinasjon, bidro til å sikre at testene gjennomførtes på en pålitelig måte, noe som er essensielt for å få troverdige resultater og riktig evaluering av utøverens progresjon. Gitt 1RM-testens høye test-retest pålitelighet ansees målemetoden som gullstandarden for måling av styrke (25). Basert på manglende alternative målemetoder med lik grad av nøyaktighet (25) og praktiske hensyn, falt valget på 1RM som målemetode.

Oppsummert kunne en tilvenningsfase ha bidratt til å utjevne tekniske forskjeller og dermed ha bidratt til å redusere den potensielle læringseffekten som har oppstått. Av hensyn til gjennomførbarhet av studien, samt tid tilgjengelig hos deltakerne var ikke dette praktisk gjennomførbart. Selvom det var utfordringer med å implementere en tilvenningsfase, bidro bruk av standardiserte testprotokoller og konsekvent utførelse av målinger av det samme testpersonellet ved både pre- og post-tester til å øke påliteligheten i datainnsamlingen. Videre forsterker bruk av IRM som målemetode validiteten av målingene i studien. Tiltakene sikret i større grad at resultatene er pålitelige, selvom det var potensial for metodiske forbedringer.

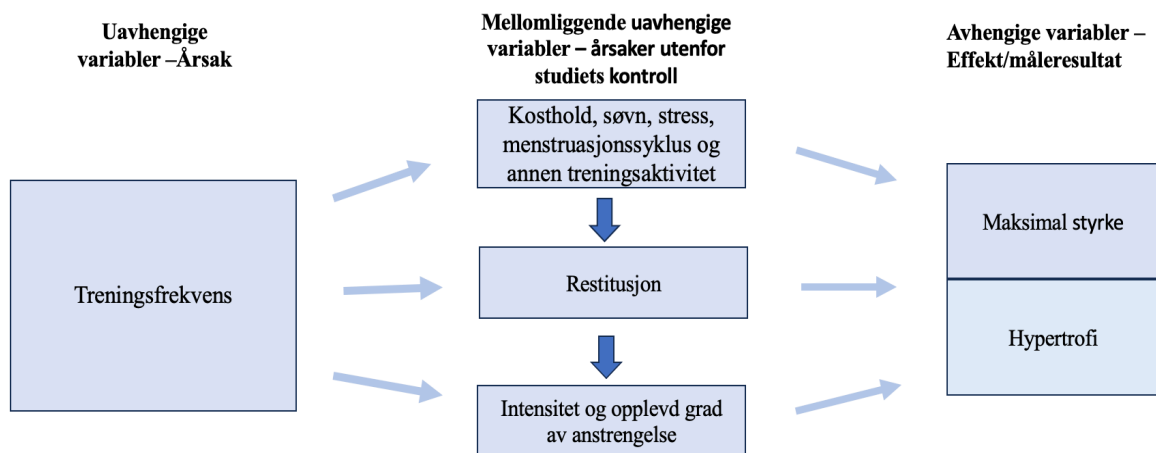
5.3.1.3 Mellomliggende variabler

Figur 8 illustrerer årsakssammenhenger mellom variablene i studien. Figuren viser hvordan treningsfrekvens (den uavhengige variabelen) påvirker de avhengige variablene som maksimal styrke og hypertrofi (effekt/måleresultat). Mellom disse finner vi mellomliggende uavhengige variabler som kan ha påvirket utfallet, men som ligger utenfor studiens kontroll.

Mellomliggende variabler som søvn, stressnivå, kosthold, menstruasjonssyklus og annen hverdagslig aktivitet utenfor studiens rammer kan potensielt ha påvirket deltakernes restitusjonstid og evne til å styre og opprettholde nødvendig intensitet under treningsøktene (1, 18, 29, 30, 40-42). Disse mellomliggende variablene kan ha ført til variabilitet i de individuelle responsene på treningsintervensjonen, noe som kan ha påvirket studiens overordnede konklusjoner.

Til tross for manglende kontroll over overnevnte variabler sikret randomiseringen å fordele variablene jevnt mellom gruppene (66). Dette bidro til å øke studiens interne validitet ved å styrke sannsynligheten for at forskjeller i treningsrespons primært skyldes intervensjonen. Likevel, begrenser fraværet av en kontrollgruppe evnen til å fullstendig utelukke eksterne påvirkninger, som kan ha svekket studiens eksterne validitet og reliabilitet. Fraværet av en kontrollgruppe begrenser dermed muligheten til å konkludere med at de observerte endringene i treningsrespons utelukkende kan tilskrives treningsfrekvensen. Imidlertid ble dette valgt bort på grunn av tilgjengelighet til deltakere, noe som er en begrensning ved studien som må tas i betraktning når funnene tolkes.

Basert på drøftingen over, illustrerer Figur 8 de antatte sammenhengene mellom variablene i studien. Imidlertid vil ytterligere mellomliggende variabler kunne forekomme, men de viktigste antas å være gjort rede for i dette kapitlets drøfting.



Figur 8: Årsakssammenhenger mellom variabler.

6 Konklusjon

Studien har tatt for seg følgende problemstilling:

«Hvilken effekt har ulik treningsfrekvens, to versus fire treningsøkter i uka, på muskelstyrke og muskelhypertrofi blant moderat trente kvinner ved likestilt volumbelastning?»

For å besvare problemstillingen ble studien gjennomført som en treningsintervensjon over åtte uker med pre-og post testing. Deltakerne ble randomisert til enten en høyfrekvens gruppe som trente fire økter i uka eller en lavfrekvensgruppe som trente to økter i uka. Måling av muskelstyrke ble gjort ved bruk av 1RM test i knebøy og benkpress og måling av kroppssammensetning ble gjort ved bruk av Dual X-ray absorptiometry scan.

Oppsummert viser funnene fra studien at fire treningsøkter i uka ikke gir ytterligere effekt på maksimal styrke sammenliknet med to treningsøkter i uka når volumbelastningen er likestilt. Dette tyder på at økningene i muskelstyrke primært er drevet av et tilstrekkelig treningsvolum, heller enn treningsfrekvensen som en individuell variabel isolert sett. Fra et praktisk synspunkt kan imidlertid økt treningsfrekvens benyttes som en variabel i treningsprogrammeringen for å øke det totale treningsvolumet og overkomme ytelsesplataer. Videre kan en reduksjon i treningsfrekvens være en effektiv metode for å redusere tidsbruk uten at det går på bekostning av treningsresultatene. Imidlertid viser studiens resultater at fire økter i uka har større effekt på hypertrofi enn to treningsøkter når volumet er likestilt. Imidlertid kan manglende standardisering og kontroll over eksterne faktorer ha påvirket måleresultatet, og dermed ha fremprovosert de signifikante forskjellene som er observert i MMH mellom gruppene. Dette gjør det utfordrende å trekke gyldige konklusjoner om treningsfrekvensens effekt som en isolert variabel fra denne studien alene, ettersom metodiske valg kan ha påvirket måleresultatenes nøyaktighet.

6.1 Forslag til videre forskning

Gitt at det er manglende forskning som undersøker effektene av ulik treningsfrekvens når volumbelastningen er likestilt, samt forskning på trente kvinner generelt, anbefales det at det gjennomføres videre og mer dyptgående forskning. Gjennom å ha større intervensjonsgrupper, lengre intervensjonsperiode, mer standardiserte testprotokoller og kontroll over eksterne faktorer slik som kosthold, antas det at man kunne fått resultater som i større grad kan gi gyldige og generaliserbare konklusjoner innenfor temaet. Det anbefales også å gjennomføre liknende intervensjon for å verifisere utfall, da enkelte resultater som eksempelvis nedgang i

muskelmasse for LF oppfattes som unaturlig og i strid med anvendt teori og tidligere studier. Videre bør fremtidige studier som inkluderer både kvinner og menn gjennomføre separate analyser for å undersøke eventuelle forskjeller i effektstørrelse mellom kjønnene. Dette vil i større grad muliggjøre utviklingen av evidensbaserte anbefalinger om hvordan ulike treningsfrekvenser påvirker muskelstyrke og hypertrofi, og hva som ansees som optimale treningsfrekvenser for de kjønns spesifikke gruppene.

7 Referanseliste

1. Raastad T, Wisnes AR, Rønnestad BR, Refsnes PE, Paulsen G. Styrketrening : i teori og praksis. Oslo: Gyldendal undervisning; 2010.
2. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(4):674-88.
3. ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(3):687-708.
4. Krzysztofik M, Wilk M, Wojdała G, Gołaś A. Maximizing Muscle Hypertrophy: A Systematic Review of Advanced Resistance Training Techniques and Methods. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(24).
5. Grgic J, Schoenfeld BJ, Davies TB, Lazinica B, Krieger JW, Pedisic Z. Effect of Resistance Training Frequency on Gains in Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2018;48(5):1207-20.
6. Ralston GW, Kilgore L, Wyatt FB, Buchan D, Baker JS. Weekly Training Frequency Effects on Strength Gain: A Meta-Analysis. *Sports Med Open.* 2018;4(1):36.
7. Mangan GT, Hoffman JR, Gonzalez AM, Townsend JR, Wells AJ, Jajtner AR, et al. The effect of training volume and intensity on improvements in muscular strength and size in resistance-trained men. *Physiol Rep.* 2015;3(8).
8. Schoenfeld B, Fisher J, Grgic J, Haun C, Helms E, Phillips S, et al. Resistance training recommendations to maximize muscle hypertrophy in an athletic population: Position stand of the IUSCA. *International Journal of Strength and Conditioning.* 2021;1(1).
9. Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship. *J Strength Cond Res.* 2004;18(2):377-82.
10. Schoenfeld BJ, Grgic J, Krieger J. How many times per week should a muscle be trained to maximize muscle hypertrophy? A systematic review and meta-analysis of studies examining the effects of resistance training frequency. *J Sports Sci.* 2019;37(11):1286-95.
11. Schoenfeld BJ, Ogborn D, Krieger JW. Effects of Resistance Training Frequency on Measures of Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2016;46(11):1689-97.
12. Colquhoun RJ, Gai CM, Aguilar D, Bove D, Dolan J, Vargas A, et al. Training Volume, Not Frequency, Indicative of Maximal Strength Adaptations to Resistance Training. *J Strength Cond Res.* 2018;32(5):1207-13.
13. Johnsen E, van den Tillaar R. Effects of training frequency on muscular strength for trained men under volume matched conditions. *PeerJ.* 2021;9:e10781.
14. Gentil P, Fisher J, Steele J, Campos MH, Silva MH, Paoli A, et al. Effects of equal-volume resistance training with different training frequencies in muscle size and strength in trained men. *PeerJ.* 2018;6:e5020.
15. Saric J, Lisica D, Orlic I, Grgic J, Krieger JW, Vuk S, et al. Resistance Training Frequencies of 3 and 6 Times Per Week Produce Similar Muscular Adaptations in Resistance-Trained Men. *J Strength Cond Res.* 2019;33 Suppl 1:S122-s9.
16. Hamarsland H, Moen H, Skaar OJ, Jorang PW, Rødahl HS, Rønnestad BR. Equal-Volume Strength Training With Different Training Frequencies Induces Similar Muscle Hypertrophy and Strength Improvement in Trained Participants. *Front Physiol.* 2021;12:789403.

17. McLESTER JRJ, BISHOP E, GUILLIAMS ME. Comparison of 1 Day and 3 Days Per Week of Equal-Volume Resistance Training in Experienced Subjects. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2000;14(3):273-81.
18. Ansdell P, Thomas K, Hicks KM, Hunter SK, Howatson G, Goodall S. Physiological sex differences affect the integrative response to exercise: acute and chronic implications. *Exp Physiol*. 2020;105(12):2007-21.
19. Roberts BM, Nuckols G, Krieger JW. Sex Differences in Resistance Training: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Strength Cond Res*. 2020;34(5):1448-60.
20. Dankel SJ, Mattocks KT, Jessee MB, Buckner SL, Mouser JG, Counts BR, et al. Frequency: The Overlooked Resistance Training Variable for Inducing Muscle Hypertrophy? *Sports Med*. 2017;47(5):799-805.
21. Brigatto FA, Braz TV, Zanini T, Germano MD, Aoki MS, Schoenfeld BJ, et al. Effect of Resistance Training Frequency on Neuromuscular Performance and Muscle Morphology After 8 Weeks in Trained Men. *J Strength Cond Res*. 2019;33(8):2104-16.
22. Gomes GK, Franco CM, Nunes PRP, Orsatti FL. High-Frequency Resistance Training Is Not More Effective Than Low-Frequency Resistance Training in Increasing Muscle Mass and Strength in Well-Trained Men. *J Strength Cond Res*. 2019;33 Suppl 1:S130-s9.
23. Gjerset A, Nilsson J, Helge JW, Enoksen E, Raastad T, Meen HD, et al. *Idrettens treningslære*. 2. utg. ed. Oslo: Gyldendal undervisning; 2015.
24. Schoenfeld BJ, Ogborn DI, Vigotsky AD, Franchi MV, Krieger JW. Hypertrophic Effects of Concentric vs. Eccentric Muscle Actions: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Strength Cond Res*. 2017;31(9):2599-608.
25. Grgic J, Lazinica B, Schoenfeld BJ, Pedisic Z. Test-Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: a Systematic Review. *Sports Med Open*. 2020;6(1):31.
26. Schoenfeld BJ, Grgic J, Van Every DW, Plotkin DL. Loading Recommendations for Muscle Strength, Hypertrophy, and Local Endurance: A Re-Examination of the Repetition Continuum. *Sports (Basel)*. 2021;9(2).
27. Zourdos MC, Klemp A, Dolan C, Quiles JM, Schau KA, Jo E, et al. Novel Resistance Training-Specific Rating of Perceived Exertion Scale Measuring Repetitions in Reserve. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2016;30(1):267-75.
28. Helms ER, Cronin J, Storey A, Zourdos MC. Application of the Repetitions in Reserve-Based Rating of Perceived Exertion Scale for Resistance Training. *Strength Cond J*. 2016;38(4):42-9.
29. Bartholomew JB, Stults-Kolehmainen MA, Elrod CC, Todd JS. Strength gains after resistance training: the effect of stressful, negative life events. *J Strength Cond Res*. 2008;22(4):1215-21.
30. Bulbulian R, Heaney JH, Leake CN, Sucec AA, Sjolholm NT. The effect of sleep deprivation and exercise load on isokinetic leg strength and endurance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1996;73(3-4):273-7.
31. Lundberg T. *Styrketräningens Fysiologi*. Stockholm: Tommy Lundberg; 2019.
32. Newton R, Nosaka K, Cardinale M. *Strength and conditioning : biological principles and practical applications*. Oxford: Wiley-Blackwell; 2011.
33. Plotkin DL, Roberts MD, Haun CT, Schoenfeld BJ. Muscle Fiber Type Transitions with Exercise Training: Shifting Perspectives. *Sports (Basel)*. 2021;9(9).
34. Timmons JA. Variability in training-induced skeletal muscle adaptation. *Journal of applied physiology*. 2011;110(3):846-53.
35. Grgic J, Schoenfeld BJ. Are the Hypertrophic Adaptations to High and Low-Load Resistance Training Muscle Fiber Type Specific? *Front Physiol*. 2018;9:402.
36. Raastad T, Helle C, Garthe I. *Idrettsernæring*. Oslo: Gyldendal; 2011.

37. Grgic J, Schoenfeld BJ, Orazem J, Sabol F. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *J Sport Health Sci.* 2022;11(2):202-11.
38. Chilibeck PD, Calder AW, Sale DG, Webber CE. A comparison of strength and muscle mass increases during resistance training in young women. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1998;77(1-2):170-5.
39. Mattocks KT, Buckner SL, Jessee MB, Dankel SJ, Mouser JG, Loenneke JP. Practicing the Test Produces Strength Equivalent to Higher Volume Training. *Med Sci Sports Exerc.* 2017;49(9):1945-54.
40. Kraemer WJ, Häkkinen K, Newton RU, Nindl BC, Volek JS, McCormick M, et al. Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *J Appl Physiol (1985).* 1999;87(3):982-92.
41. Schoenfeld BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J Strength Cond Res.* 2010;24(10):2857-72.
42. Helms ER, Zinn C, Rowlands DS, Naidoo R, Cronin J. High-protein, low-fat, short-term diet results in less stress and fatigue than moderate-protein moderate-fat diet during weight loss in male weightlifters: a pilot study. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2015;25(2):163-70.
43. Staron RS, Karapondo DL, Kraemer WJ, Fry AC, Gordon SE, Falkel JE, et al. Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *J Appl Physiol (1985).* 1994;76(3):1247-55.
44. Welle S, Tawil R, Thornton CA. Sex-related differences in gene expression in human skeletal muscle. *Plos One.* 2008;3(1):e1385.
45. Lindle RS, Metter EJ, Lynch NA, Fleg JL, Fozard JL, Tobin J, et al. Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20-93 yr. *J Appl Physiol (1985).* 1997;83(5):1581-7.
46. Miller AE, MacDougall JD, Tarnopolsky MA, Sale DG. Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1993;66(3):254-62.
47. Staron RS, Hagerman FC, Hikida RS, Murray TF, Hostler DP, Crill MT, et al. Fiber type composition of the vastus lateralis muscle of young men and women. *J Histochem Cytochem.* 2000;48(5):623-9.
48. Roepstorff C, Thiele M, Hillig T, Pilegaard H, Richter EA, Wojtaszewski JF, et al. Higher skeletal muscle alpha2AMPK activation and lower energy charge and fat oxidation in men than in women during submaximal exercise. *J Physiol.* 2006;574(Pt 1):125-38.
49. Fitts RH, Widrick JJ. Muscle mechanics: adaptations with exercise-training. *Exerc Sport Sci Rev.* 1996;24:427-73.
50. Glass DJ. Skeletal muscle hypertrophy and atrophy signaling pathways. *Int J Biochem Cell Biol.* 2005;37(10):1974-84.
51. Suga T, Okita K, Morita N, Yokota T, Hirabayashi K, Horiuchi M, et al. Intramuscular metabolism during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *J Appl Physiol (1985).* 2009;106(4):1119-24.
52. Tesch PA, Colliander EB, Kaiser P. Muscle metabolism during intense, heavy-resistance exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1986;55(4):362-6.
53. Goto K, Ishii N, Kizuka T, Takamatsu K. The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(6):955-63.
54. Schoenfeld BJ. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Med.* 2013;43(3):179-94.

55. Schoenfeld BJ, Grgic J, Ogborn D, Krieger JW. Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 2017;31(12):3508-23.
56. Carvalho L, Junior RM, Barreira J, Schoenfeld BJ, Orazem J, Barroso R. Muscle hypertrophy and strength gains after resistance training with different volume-matched loads: a systematic review and meta-analysis. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2022;47(4):357-68.
57. Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D, Aagaard P, Sánchez-Medina L, Ribas-Serna J, Mora-Custodio R, et al. Time Course of Recovery From Resistance Exercise With Different Set Configurations. *J Strength Cond Res.* 2020;34(10):2867-76.
58. Shea CH, Lai Q, Black C, Park J-H. Spacing practice sessions across days benefits the learning of motor skills. *Human movement science.* 2000;19(5):737-60.
59. Phillips SM, Tipton KD, Aarsland A, Wolf SE, Wolfe RR. Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am J Physiol.* 1997;273(1 Pt 1):E99-107.
60. Burd NA, West DW, Moore DR, Atherton PJ, Staples AW, Prior T, et al. Enhanced amino acid sensitivity of myofibrillar protein synthesis persists for up to 24 h after resistance exercise in young men. *J Nutr.* 2011;141(4):568-73.
61. Damas F, Phillips S, Vechin FC, Ugrinowitsch C. A review of resistance training-induced changes in skeletal muscle protein synthesis and their contribution to hypertrophy. *Sports Med.* 2015;45(6):801-7.
62. Morán-Navarro R, Pérez CE, Mora-Rodríguez R, de la Cruz-Sánchez E, González-Badillo JJ, Sánchez-Medina L, et al. Time course of recovery following resistance training leading or not to failure. *Eur J Appl Physiol.* 2017;117(12):2387-99.
63. Larsen AK. En enklere metode : veiledning i samfunnsvitenskapelig forskningsmetode. 2. utg. ed. Bergen: Fagbokforl.; 2017.
64. Jacobsen DI. Hvordan gjennomføre undersøkelser? : innføring i samfunnsvitenskapelig metode. 3. utg. ed. Oslo: Cappelen Damm akademisk; 2015.
65. Thomas JR, Martin P, Etnier JL, Silverman SJ. *Research methods in physical activity: Human kinetics;* 2022.
66. Altman DG, Bland JM. How to randomise. *Bmj.* 1999;319(7211):703-4.
67. Bazzocchi A, Ponti F, Albisinni U, Battista G, Guglielmi G. DXA: Technical aspects and application. *Eur J Radiol.* 2016;85(8):1481-92.
68. Radecka A, Lubkowska A. The Significance of Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DXA) Examination in Cushing's Syndrome-A Systematic Review. *Diagnostics (Basel).* 2023;13(9).
69. Ceniccola GD, Castro MG, Piovacari SMF, Horie LM, Corrêa FG, Barrere APN, et al. Current technologies in body composition assessment: advantages and disadvantages. *Nutrition.* 2019;62:25-31.
70. Healthcare G. Lunar enCORE Safety and Specification Manual, Rev 32009. Available from: <https://www.gehealthcare.com/-/media/20fc07d1369e4d15acae5732090559db.pdf?la=en-us>.
71. Haff G, Triplett N. National Strength & Conditioning Association (US). *Essentials of strength training and conditioning.* 2016;4.
72. Szklo M, Nieto FJ. *Epidemiology: beyond the basics:* Jones & Bartlett Publishers; 2014.
73. Hartmann H, Wirth K, Klusemann M, Dalic J, Matuschek C, Schmidtbleicher D. Influence of Squatting Depth on Jumping Performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2012;26(12):3243-61.
74. Vickers AJ, Altman DG. Statistics notes: Analysing controlled trials with baseline and follow up measurements. *Bmj.* 2001;323(7321):1123-4.

75. Senn S. Change from baseline and analysis of covariance revisited. *Stat Med.* 2006;25(24):4334-44.
76. Bland JM, Altman DG. Comparisons against baseline within randomised groups are often used and can be highly misleading. *Trials.* 2011;12:264.
77. Schoenfeld BJ, Ratamess NA, Peterson MD, Contreras B, Tiriyaki-Sonmez G. Influence of Resistance Training Frequency on Muscular Adaptations in Well-Trained Men. *J Strength Cond Res.* 2015;29(7):1821-9.
78. Helms ER, Byrnes RK, Cooke DM, Haischer MH, Carzoli JP, Johnson TK, et al. RPE vs. Percentage 1RM Loading in Periodized Programs Matched for Sets and Repetitions. *Front Physiol.* 2018;9:247.
79. Gentil P, Bottaro M. Influence of supervision ratio on muscle adaptations to resistance training in nontrained subjects. *J Strength Cond Res.* 2010;24(3):639-43.
80. Torstveit MK. Fysisk aktivitet og helse : fra begrepsforståelse til implementering av kunnskap. Oslo: Cappelen Damm akademisk; 2018.
81. Akobeng AK. Understanding type I and type II errors, statistical power and sample size. *Acta Paediatr.* 2016;105(6):605-9.
82. Barnett V, Lewis T. *Outliers in statistical data.* 2nd ed. Chichester: Wiley; 1984.
83. El Maghraoui A, Roux C. DXA scanning in clinical practice. *QJM: An International Journal of Medicine.* 2008;101(8):605-17.

Vedlegg

Vedlegg 1 – Samtykkeskriv

Vil du delta i forskningsprosjektet

”Effekten av ulik treningsfrekvens på maksimal styrke og hypertrofi hos moderat trente kvinner ved likestilt volumbelastning”

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor vi skal undersøke effektene av ulik treningsfrekvens (2 versus 4) på muskelstyrke og muskelvekst hos moderat trente kvinner. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Formålet med masteroppgaven er å sammenlikne to ulike treningsfrekvenser, og effekten de ulike treningsfrekvensene har på muskelstyrke og hypertrofi når volumer (sett x reps x motstand) er likestilt.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Idrettshøgskolen ved UiT - Norges arktiske universitet

Prosjektleder/veileder: Karianne Hagerupsen

Masterstudent: Nicoline Giller

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Du inviteres til å delta i denne studien fordi du er kvinne mellom 18 og 45 år som har trent regelmessig styrketrening de siste 6 månedene.

Hva innebærer det for deg å delta?

Hvis du velger å delta i dette prosjektet, innebærer det en registrering av din alder, høyde og vekt, samt resultater fra testene som gjennomføres i forbindelse med masteroppgaven. Denne informasjonen vil bli lagret elektronisk.

Du vil bli randomisert til enten en lav-frekvensgruppe som skal gjennomføre 2 treningsøkter i uka, eller en høy-frekvensgruppe som skal gjennomføre 4 treningsøkter i uka. Etter testing vil du få tildelt et treningsprogram. Programmet består av helkroppsoøkter som skal gjennomføres

over en periode på 8 uker. Treningsøktene vil variere i tid avhengig av hvilken gruppe du randomiseres til. Dersom du randomiseres til en lav-frekvensgruppen (2 økter i uka), vil dette ta deg ca. 45-60 minutter per treningsøkt. Randomiseres du til en høy-frekvensgruppen (4 økter i uka) vil dette ta deg ca. 30-40 minutter per treningsøkt. Fysiske tester gjennomføres før treningsintervensjonens start og etter endte 8 uker. Følgende målinger gjennomføres:

- DEXA scan for måling av kroppssammensetning, herunder fettprosent og fettfri masse i over- og underkroppen.
 - Til DEXA må man møte i fastende tilstand (ikke mat og drikke de siste 8-10 timene). Det er derfor anbefalt å gjennomføre testing tidlig på dagen.
- 1 repetisjon maksimum test i knebøy og benkpress.

Det er frivillig å delta

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

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Det er kun studenten og veileder som vil ha innsyn i data som omhandler deg. Navnet og kontaktopplysningene dine erstattes med en kode som lagres på egen navneliste adskilt fra øvrige data. Opplysninger som presenteres i masteroppgaven er testresultat fra før og etter gjennomført treningsperiode. Disse opplysningene vil bli anonymisert når de fremstilles og presenteres i masteroppgaven. Resultater fra studien kan også bli publisert i vitenskapelig tidsskrift.

Hva skjer med personopplysningene dine når forskningsprosjektet avsluttes?

Opplysningene anonymiseres når prosjektet avsluttes/oppgaven er godkjent, noe som etter planen er i løpet av mai 2024.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke. På oppdrag fra Idrettshøgskolen ved UiT – Norges Arktiske Universitet har Sikt – Kunnskapssektorens tjenesteleverandør

vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Dine rettigheter

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

- innsyn i hvilke opplysninger vi behandler om deg, og å få utlevert en kopi av opplysningene
- å få rettet opplysninger om deg som er feil eller misvisende
- å få slettet personopplysninger om deg
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger

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

- Prosjektansvarlig/veileder: Universitetslektor ved Idrettshøgskolen UiT, Karianne Hagerupsen. Mail: karianne.hagerupsen@uit.no, tlf: 950 14 518
- Student mail: ngi006@uit.no eller tlf: 97 57 87 83
- Vårt personvernombud: personvernombud@uit.no, Tlf: 776 46 322

Hvis du har spørsmål knyttet til vurderingen som er gjort av personverntjenestene fra Sikt, kan du ta kontakt via:

- Epost: personverntjenester@sikt.no eller telefon: 73 98 40 40.

Med vennlig hilsen

Prosjektansvarlig

Student

(Forsker/veileder)

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «*effekten av ulik treningsfrekvens på*

muskelstyrke og muskelstørrelse hos moderat trente kvinner ved likestilt volumbelastning», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

å delta i studien

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Vedlegg 2 – Rapporteringsskjema

UKE	TRENINGSDAG 1.1			
	Dato	Øvelse	Vekt, sett og repetisjoner	RIR
1		Knebøy	Eks: 75 kg x 6 reps x 4 set	Eks: 2
		Benkpress		
		Strake markløft		
		Leg extensions		
		Sittende roing		
UKE	TRENINGSDAG 1.2			
	Dato	Øvelse	Vekt, sett, repetisjoner	RIR
1		Knebøy		
		Benkpress		
		Millitærpress		
		Liggende lårcurl		
		Nedtrekk bredt grep		
UKE	TRENINGSDAG 2.1			
	Dato	Øvelse	Vekt, sett, repetisjoner	RIR
2		Knebøy		
		Benkpress		
		Markløft		
		Leg extensions		
		Sittende roing		
UKE	TRENINGSDAG 2.2			
	Dato	Øvelse	Vekt, sett, repetisjoner	RIR
2		Knebøy		
		Benkpress		
		Millitærpress		
		Liggende lårcurl		
		Nedtrekk bredt grep		