



Institutt for folkehelse- og idrettsvitenskap

Anders Kristoffersen

Masteroppgave

**Sammenhengen mellom muskelmasse og
styrke hos utrente individer**

Master i treningsfysiologi

2021

Forord

Denne masteroppgaven ble skrevet i forbindelse med gjennomføring av forskningsprosjektet «Alpha and Omega of lifestyle therapy» ved Høgskolen i Innlandet, avdeling Lillehammer 2021.

Jeg vil først og fremst takke veileder og prosjektleder Håvard Hamarsland for all hjelp jeg har fått i løpet av denne masteroppgaven. Selv om du har en hektisk hverdag, så tar du deg alltid tid til å hjelpe en stakkar fyr. Hadde aldri gått uten den hjelpen! I tillegg har det vært veldig morsomt og lærerikt å diskutere mye forskjellige innenfor styrketrening med deg.

Takk til alle forsøkspersonene som har vært med i studien. Dere har brukt mye av deres tid til trening og testing, men humøret har alltid vært på plass.

Til slutt vil jeg også takke samtlige fra idrettsseksjonen, medstudenter og forelesere, for fem lærerike og ikke minst morsomme år. Har vært en super tid med gode minner som ikke vil bli glemt!

Anders Kristoffersen

Lillehammer, 2021

Sammendrag

Introduksjon: I løpet av de siste årene har det pågått en debatt rundt sammenhengen mellom muskelmasse og styrke. Sammenhengen mellom muskelmasse og styrke ved utgangsverdi (baseline) virker å være klar, men det har vært sprikende funn når man ser på sammenhengen mellom endringer i muskelmasse og styrke når utrente individer starter med styrketrening. Hensikten med denne studien var å utforske sammenhengen mellom muskelmasse og styrke hos utrente individer, da spesielt i hvor stor grad kan endringer i styrke forklares med endringer i muskelmasse.

Metode: 51 friske utrente individer ble inkludert i denne oppgaven. Treningen besto av to ukentlige økter, totalt 20 – 24 økter. På underekstremitetene ble det gjennomført 3x10 eller 3x30RM unilateral beinpress, kneekstensjon og knefleksjon. Styrketesting ble gjennomført i 1RM treningsøvelsene beinpress og kneekstensjon, og isometrisk kneekstensjon. Tilvenning til styrketester ble gjennomført to ganger ved oppstart (T1), og det ble gjort to tester ved pre (T2) hvor høyeste verdi ble satt som utgangsverdi. DXA, ultralyd og MR ble brukt for måling av muskelmasse før og etter treningsintervensjonen. Korrelasjonsanalysene ble gjort i GraphPad Prism 9.

Resultat: Absolutte verdier ved pre-test viste at korrelasjonen mellom muskelmasse og styrke var sterk: samlet mål på muskelmasse og samlet mål på styrke ($r = 0.745, p < 0.05$), mager masse bein og 1RM beinpress ($r = 0.653, p < 0.05$), vastus lateralis tykkelse og 1RM kneekstensjon ($r = 0.496, p < 0.05$), isometrisk kneekstensjon og quadriceps volum ($r = 0.796, p < 0.05$). Det var ingen sammenheng mellom relative endringer for muskelmasse og styrke mellom pre- og post test: muskelmasse samlet – styrke samlet ($r = 0.016, p > 0.05$), mager masse bein – 1RM beinpress ($r = -0.100, p > 0.05$), vastus lateralis tykkelse – 1RM kneekstensjon ($r = 0.019, p > 0.05$), quadriceps volum – isometrisk kneekstensjon ($r = -0.140, p > 0.05$).

Konklusjon: Styrke kan i stor grad forklares med muskelmasse hos utrente individer før de starter med styrketrening (baseline). Endringene i styrke etter 20 – 24 økter kunne ikke forklares med endringer i muskelmasse for denne populasjonen.

Innhold

Forord	2
Sammendrag	3
1. Teori	5
1.1 Muskelvekst	5
1.2 Styrke	8
1.3 Sammenhengen mellom muskelvekst og styrke	10
2. Introduksjon	15
3. Metode	17
3.1 Deltagere og studiedesign	17
3.2 Treningsprotokoll	18
3.3 Styrketester	19
3.4 Muskelmasse	20
3.4 Data og statistikk	21
4. Resultat	22
5. Diskusjon	26
6. Konklusjon	30
Referanseliste	31
Vedlegg	37

1. Teori

Styrketrening har tradisjonelt blitt brukt som treningsform av idrettsutøvere, styrkeløftere og kroppsbyggere for å forbedre prestasjonsevne og muskelmasse. I dag er det mer og mer vanlig at treningsformen også blir brukt som rehabilitering av ulike pasientgrupper eller for forbedring av funksjonsevnen i dagliglivet (Folland & Williams, 2007). I tillegg til økt styrke og muskelmasse (hypertrofi), kan styrketrening fremme helsemessige gevinster som forbedret kardiovaskulær funksjon, insulinfølsomhet, inflammatorisk respons, muskelkvalitet og koordinasjon (Figueiredo, Freitas de Salles & Trajano, 2017). En forbedret forståelse av sammenhengen mellom styrke og funksjon med underliggende faktorer som muskelmasse er derfor av interesse for blant annet forskere som undersøker mekanismene bak kraftproduksjon og helsepersonell som behandler aldersrelatert reduksjon av muskelmasse og styrke (Loenneke et al., 2019).

1.1 Muskelvekst

Muskelhypertrofi kan beskrives som en økning av muskelstørrelse i form av masse og/eller volum (Taber, Vigotsky, Nuckols & Haun, 2019). Muskelvekst ved styrketrening skjer hovedsakelig ved at hver enkelt muskelfiber øker sitt tverrsnittsareal og/eller lengde (Folland & Williams, 2007). Skjelettmuskulaturen er bygget opp av ulike typer muskelfibre. Skjelettmuskelen kan kategoriseres inn i følgende nivåer: muskelfibre (fasikkelbunter), myofibriller i muskelfibrene, sarkomerer i myofibrillene, proteinene aktin og myosin i sarkomerene (Haun et al., 2019). Det er vanlig at muskelvekst oppstår etter styrketrening ved at det blir flere sarkomerer i parallell (Schoenfeld, 2010). Videre på sarkomer nivå, er det flere sett med myosin og aktin filamenter som bidrar til muskelkontraksjon (Taber et al. 2019). Innholdet av disse kontraktile proteinene øker i muskelcellen når muskelproteinsyntese overgår nedbrytning av muskelprotein, enten i form av økt proteinsyntese og/eller redusert hastighet på proteinnedgradering (Damas, Phillips, Vechin & Ugrinowitsch, 2015). En akkumulering av cellulært protein som følge av at netto proteinsyntese over tid er høyere enn netto degradering vil kunne føre til muskelvekst (Damas et al., 2015; & Phillips et al., 1997). De to viktigste faktorene ved styrketrening som stimulerer til muskelvekst er det mekaniske draget i muskulaturen og det metabolske stresset i muskelfibrene (Smith & Rutherford, 1995). Treningsmotstanden (antall kilo løftet i hvert løft) er den viktigste faktoren for det mekaniske draget. Det metabolske stresset kan bli påvirket på flere forskjellige måter som pauselengde, antall repetisjoner, kontraksjonstid, grad av utmattelse, blodtilførsel og aksjonsform (Raastad

& Paulsen, 2010). Det ser ikke ut til at det mekaniske draget alene påvirker muskelvekst, men at det metabolske stresset er en påvirkelig faktor sammen med mekanisk drag (Smith & Rutherford, 1995). Det mekaniske draget setter i gang prosesser gjennom MAP-kinase-signalveier og aktivering av mTOR. Størrelsen på det mekaniske draget og over hvor lang tid det virker er av betydning (Martineau & Gardiner, 2002). De to hovedstimuliene for muskelvekst virker også gjennom lokale vekstfaktorer sammen med hormoner, og stimulerer til nye cellekjerner i muskelcellen fra satellittceller. Når muskelfibre vokser som følge av styrketrening deler satellittceller seg og smelter sammen med muskelfibre som vokser. Det ser ut til at det er det mekaniske draget (strekk og økt spenning i muskulatur) og metabolsk stress som er de viktigste stimuliene for muskelvekst, mens hormonelle endringer er sekundære stimuli (Raastad & Paulsen, 2010).

De vanligste metodene for måling av muskelmasse er DXA, CT, MR og ultralyd (Haun et al., 2019). DXA kan måle fettfri masse for helkropp eller regionale områder (f.eks mager masse bein), mens de resterende metodene måler regionalt. I tillegg er det vanlig at man kan måle tverrsnittsareal på fibernivå ved hjelp av immunohistokjemi og biopsier. Måling av muskeltykkelse vurdert ved B-mode ultralyd har til hensikt i å måle tykkelsen på muskelen der den er størst. Selv om reliabiliteten for måling av muskeltykkelse hos en rekke muskelgrupper har vært sterk (Thoirs & English et al., 2009), kan metoden være begrenset da den bare måler en liten del av en muskel og hypertrofi kan oppstå på forskjellige steder av muskelen (Haun et al., 2019;). Det kan se ut til at hypertrofi på forskjellige steder av samme muskel ikke er sterkt korrelert (Loenneke et al., 2017; Vigotsky, Schoenfeld, Than & Brown, 2018). Derfor er det viktig at testperson måler samme sted på muskelen fra gang til gang når man skal måle endring i muskelmasse. Videre kan trykket som legges på proben fra gang til gang påvirke endringen man ser (Haun et al., 2019). Dual-energi røntgenabsorpsjonsmetri (DXA) var opprinnelig designet for å måle parametere for beinmineral, men utviklet seg til å bli en vanlig metode for måling av muskelmasse (mager masse/fettfri masse) (Haun et al., 2019). DXA går for å være gullstandarden for måling av kroppssammensetning da man kan måle deler av kroppen separat og skille fettvev og beinvev fra annet vev i kroppen (Norgan, 2005). Nyere DEXA maskiner har vist seg å gi sterke test-retest korrelasjoner (> 0.99) på vurdering av fettfri/beinfri magermasse under helkroppsskanninger (Kephart et al., 2016). Målemetoden kan skille mellom bein, fett og mager masse, men en svakhet er at den ikke skiller muskelvev fra intramuskulært væske, og er heller ikke sensitiv nok til å måle intramuskulært fett (Haun et al., 2019). En annen utfordring er at mager masse inneholder

annet vev i tillegg til muskler, men en økning i mager masse kan være en god indikator på hypertrofi. God standardisering vil være hensiktsmessig når man skal måle endringer fra test til test da man vet at blant annet hydreringsstatus kan påvirke resultat. Måling av muskel masse med MR-skann tillater avgrensning mellom separate muskler og blir ofte sett på som en meget sterk metode for måling av regionale deler kroppen (Haun et al., 2019).

Målemetoden har vist seg å være svært reliabel for måling av utvalgte musklers volum (Smeulders et al., 2010). Ulempen med MR er tilgjengeligheten og dens høye verdi, noe som gjør at målemetoden ikke brukes i så mange studier. På like linje som DXA og ultralyd, måler ikke MR endringer på fiber-nivå som endringer i konsentrasjonen av kontraktile proteiner og skille mellom intra- og ekstracellulær væske (Haun et al., 2019). Data fra tidligere studier har vist at reliabiliteten (reproduserbarheten) for måling av muskelmasse med DXA og ultralyd er sterk (Haun et al., 2018; Roberts et al., 2018). I disse studiene viste DXA (mager masse) en variasjonskoeffisient på 0,95 % med en relativ standard error på 0,92 %, og ultralyd (vastus lateralis tykkelse) med variasjonskoeffisient på 1,33 % og relativ standard error på 1,32 %. Reliabilitet (pålitelighet) i dette tilfellet vil si reproduserbarheten ved en målemetode (Refsnes, 2010, s.140).

På utrente personer kan man forvente enn økning i den trente muskelgruppens tverrsnittsareal på 3-25 % i løpet av 12 uker, som tilsvarer ca 0,1-0,5 % per økt (Wernbom, Augustsson & Thomeé, 2007). Men det er store individuelle forskjeller når det kommer til endring i muskelmasse mellom individer (Hubel et al., 2005). I studier som har sett på endringer i muskelmasse ved bruk av DXA-skann er det vanlig å finne en gjennomsnittlig økning i fettfri masse på ca. 2 kg over en treningsintervensjon på 14 uker. En forutsetning for denne endringen er at treningen bør foregå med relativt høy treningsmotstand (4-15 RM per serie med motstand > 60% av 1 RM) og gjennomføres 2-3 ganger i uken (Raastad & Rønnestad, 2010, s.43). I en stor studie med 283 forsøkspersoner (flere intervensjoner samlet) var det store variasjoner mellom endringer i muskelmasse målt med DXA-skann og ultralyd (Ahtiainen et al., 2016). Endring i muskelmasse etter treningsintervensjon målt med DXA-skann (mager masse bein) var på + 2 %, mens endring målt med ultralyd (vastus lateralis tykkelse) var på + 11,6 %. I samme studien var endring i tverrsnittsareal for quadriceps femoris ved MR på + 5,3 % og + 6,2 % ved ultralyd. Selv om det ikke er de samme forsøkspersonene som brukte de ulike målemetodene i studien kan det tyde på at det er variasjoner i målemetodene da de har hatt relativt like treningsintervensjoner. Selv om de forskjellige metodene måler samme konsept, kan det se ut til at det er store målevariasjoner

mellom muskler og hvor på muskelen hypertrofi responsen oppstår (Loenneke et al., 2017; Vigotsky et al., 2018). 12 uker med trening har vist en økning i quadriceps volum på 5,6 % ved MR (Balshaw et al., 2017), mens en annen studie viste en økning i tverrsnittsareal for biceps på 15,9 % ved MR etter 12 uker trening (Erskine et al., 2014). Dette kan tyde på at vekst potensialet er større for overkropp enn underkropp, noe som støttes av (Rønnestad et al., 2007).

1.2 Styrke

I motsetning til muskelvekst, er styrke noe enklere å definere og måle. Styrke kan defineres som evnen til å produsere kraft mot en ekstern motstand og kan måles på flere måter (Taber, Vigotsky, Nuckols & Haun, 2019). Muskelstyrke er den maksimale kraften eller dreiemomentet en muskel eller muskelgruppe kan skape ved en spesifikk eller forutbestemt hastighet (Raastad, Paulsen, Wisnes, Rønnestad & Refsnes, 2010, s. 13). Videre kan vi dele muskelstyrke inn i maksimal styrke eller eksplosiv styrke. Maksimal styrke er den største kraften vi kan utvikle ved langsomme bevegelser eller isometriske muskelaksjoner, og eksplosiv styrke er evnen til å oppnå hurtig kraftutvikling. Det er flere faktorer som bestemmer vår muskelstyrke. De faktorene i muskulaturen som bestemmer muskelstyrken vår er i hovedsak muskelgruppens tverrsnittsareal, fibertypesammensetning, hastighet på bevegelsen, muskellengde og konsentrasjonen av kontraktile proteiner (Raastad & Paulsen, 2010, s. 19). For utvikling av maksimal styrke ved langsomme forkortningshastigheter eller isometriske muskelaksjoner vil en økning av fibrenes tverrsnittsareal med flere myosin- og aktin filamenter i parallell som kan bidra med kraftutvikling være den viktigste faktoren (Taber et al., 2019). Det er også teoretisk sett mulig å bedre momentarmer i fleksormuskulatur ved å øke muskeltverrsnittsarealet ved styrketrening (Vigotsky, Contreras & Beardsly, 2015). En tettere pakking av aktin og myosin vil også kunne bidra til økt kraft ved ett gitt tverrsnittsareal (Roberts et al., 2018). Det ser ikke ut til å være noen betydelige forskjeller i kraftutvikling mellom fibertypene ved isometriske muskelaksjoner, men ved økende forkortningshastighet vil fibertypesammensetningen ha mer og mer å si for kraft utvikling (Raastad & Paulsen, 2010, s.19). Type IIX og IIA fibre er langt raskere enn type I-fibre og egner seg derfor bedre for eksplosiv styrke. Det har også blitt spekulert i om at det kan være en tetter pakking av aktin- og myosinfilamentene i type II-fibre og at det skapes noe større kraft i hver tverrbro i type II-fibre (Antonio & Gonyea, 1993).

Faktorer i nervesystemet som er med på å bestemme muskelstyrken vår er blant annet evnen til å rekruttere motoriske enheter og evnen til å oppnå optimal fyringsfrekvens, samt faktorer

som koordinering av ulike muskler og teknikk (Raastad & Paulsen, 2010, s.28). Agonistene er de muskelgruppene som samarbeider om en endring i muskelvinkel, mens antagonistene er muskelgruppene på motsatt side av leddet som stabiliserer og delvis motarbeider bevegelsen (Balshaw, Massey, Maden-Wilkinson, Lanza & Folland, 2019). Summen av kreftene fra agonistene minus antagonistene bestemmer netto dreiemoment (Raastad & Paulsen, 2010, s.28). Hvor mye nevralt tilpasninger har å si for en økning av styrken kommer an på hvilken øvelse som gjennomføres. Måler man dynamisk styrke i kompliserte treningsøvelser som går over flere ledd er det vanlig å se en større endring i muskelstyrken, enn med enkle treningsøvelser som går over ett ledd eller isometrisk styrke (Rønnestad et al., 2007). Det er derfor grunn til å tro at jo mer komplisert øvelsen er jo større betydning har nevralt tilpasninger å si for endringer i styrke, mens nervøse tilpasninger i mindre grad vil ha en betydning for styrke-endringer i enkle øvelser og tester (Raastad & Paulsen, 2010, s.32). Ved en sammenligning mellom individer som ikke har trent, individer som har trent i 12 uker og 4 år så det ut til at maksimal agonistaktivering er ferdig utviklet tidlig styrketreningsfasen, men at intramuskulær koordinasjon som lavere antagonist aktivering ser ut til å adaptere videre på lang sikt (Balshaw et al., 2019). Dette kan bety at aktivering av muskelgruppene som bidrar til ønsket kraft er godt utviklet etter allerede 12 uker, mens aktiviteten til antagonistene kanskje er noe unødvendig høy og har potensiale til å optimaliseres over lengre tid.

I motsetning til godt styrketrente kan utrente personer forvente en god fremgang i styrke på relativt kort tid. Med styrketrening 2-3 ganger i uka med en treningsmotstand >60 % av 1 RM, er det vanlig å se en økning i 1 RM på ca. 1 % per økt i den aktuelle treningsøvelsen (Kraemer et al., 2002). Men man kan også forvente store forskjeller i individers endringer i styrke da gener, innsats/gjennomføring og kosthold spiller inn (Hubal et al., 2005). Det er vanlig at man ser en større økning når man måler 1RM i treningsøvelsen kontra for eksempel isometrisk styrke i ett apparat som ikke brukes til trening. Treningsintervensjoner har vist økning i 1RM og isometrisk styrke på henholdsvis 41,6 % og 13,2 % for bicepscurl (Erskine, Fletcher & Folland, 2014). Lignende økning så man også i 1RM kneekstensjon og isometrisk kneekstensjon på henholdsvis 68 % og 26 % (Erskine, Jones, Williams, Stewart & Degens, 2010). Dette viser at måling av maksimal isometrisk styrke kan fjerne mye av de nevralt faktorene og læring av teknikk, kontra 1RM tester hvor nevralt faktorer og teknikk spiller en større rolle (Raastad & Paulsen, 2010).

1.3 Sammenhengen mellom muskelvekst og styrke

Studier har vist at utgangsverdier for fettfri masse og muskeltykkelse korrelerer sterkt med 1 RM i knebøy målt på styrkeløftere som er gode i øvelsen (Brechue & Abe, 2002; Ye et al., 2013). Spesielt ser man at sammenhengen mellom muskelmasse og maksimal styrke er god når man måler i enkle øvelser (Fukunaga et al., 2001). Men når det kommer til sammenhengen mellom endringer i muskelmasse og styrke ved styrketrening er debatten stor, og da særlig hos utrente som starter med styrketrening. I denne debatten mener noen at muskelvekst og styrke-økning er to separate fenomener (Buckner et al., 2016; Dankel et al., 2018). Dette argumenterer de blant annet med: svak korrelasjon mellom endringer i muskelmasse og styrke etter trening, nedgang i muskelmasse ved redusert treningsvolum (de-training) samtidig som man vedlikeholder styrke, og lik økning i muskelmasse ved lett vs tung styrketrening og samtidig forskjellige endringer i styrke. Det har tidligere blitt observert lik endring i styrke ved en gruppe som gjennomførte treningsintervensjon og en gruppe som bare gjennomførte 1RM testing, mens økning i muskelmasse bare skjedde hos gruppen som gjennomførte treningsintervensjonen (Mattocks et al. 2017). Forsøkspersonene var utrente individer uten erfaring med styrketrening. Trenings-gruppen gjennomførte to ukentlige økter over åtte uker med kneekstensjon og brystpress, mens test gruppen gjennomførte testforsøk to ganger i uken over åtte uker. Det ble testet 1RM i treningsøvelsene, isometrisk/isokinetisk styrke og muskeltykkelse med ultralyd ble målt. Studier som har gjort korrelasjonsanalyser mellom endringer i muskelmasse og styrke har blitt kritisert for å ha begrensninger i korrelasjonsanalysene sine, da de ofte har hentet data fra studier som er designet til å svare på andre spørsmål og som har begrensninger i metodene sine (Dankel et al., 2018). Videre blir de kritisert for ikke å ta høyde for å optimalisere både styrke og muskelvekst, samt den metodiske delen som tilvenning av trening/testing som fjerner de nevralt tilpasningene i stor grad.

På andre siden av debatten har man de som mener at muskelvekst er en medvirkende årsak til økt muskelstyrke og at det derfor er en sammenheng mellom muskelstyrke og muskelvekst (Taber et al., 2019). Økning i styrke hos utrente individer som starter med styrketrening har tradisjonelt blitt forklart med nevralt adaptasjoner i den tidlige fasen og at bidrag fra muskelvekst inntreffer senere i perioden (Moritani & DeVries, 1979; Rutherford & Jones, 1986). Det betyr at sammenhengen mellom muskelvekst og muskelstyrke vil øke på langsikt, men når muskelvekst vil gi økt styrke er mer usikkert (Taber et al., 2019). Taber et al. hevder at myofibrillær hypertrofi er en medvirkende årsak til økning i muskelstyrke, men mener at

det ikke er nødvendig. Videre forklarer de at det kan forekomme bindevevs- og sarkoplasmatiske hypertrofi ved trening, men det er myofibrill hypertrofi som vil føre til økt styrke. Derfor bør sammenhengen mellom muskelvekst og endringer i styrke vurderes nøye, da det blant annet kan påvirkes av målgruppen, treningstaus, målemetoder og statistikken man anvender (Cribb, Williams, Stathis, Carey & Hayes, 2007; Loenneke et al., 2017; Taber et al., 2019 & Vigotsky et al., 2018). Det er grunn til å tro at myofibrillær hypertrofi er hovedårsak til økt styrke hos erfarne styrketrente, mens hos uerfarne vil flere faktorer som nevralt adaptasjoner og teknikk spille en viktig rolle for styrke-økning.

En spesifikk mengde kraft blir produsert ved myosin-aktin interaksjon som følge av nevralt rekruttering, frigjøring av kalsium og eksponering av aktin. Summen av kreftene fra myofibrillene til sener og bein skaper skjelettbevegelsen. Siden generering av kraft i en myofibril er summen av interaksjon mellom aktin og myosin, vil en økning av disse filamentene i parallell kunne øke muskelstyrken. Dette ser ut til å være hovedfaktoren for økt styrke, sammen med nevralt- og bindevevstilpasninger (Taber et al., 2019). Det har blitt observert sterk korrelasjon ($r = 0.654$, $P < 0.05$) mellom endringer i kontraktile proteiner og forbedringer i 1RM knebøy hos godt styrketrente gjennom en 10 uker treningsperiode (Cribb et al., 2007). I den samme studien så man også en sterk korrelasjon ($P < 0.01$) mellom økning i kontraktile proteiner og økning i CSA for fibertypene I, IIa og IIx ($r = 0.757, 0.855, 0.871$). Korrelasjonene mellom økningene i CSA og 1RM knebøy var også positive ($P < 0.01$) og ($r = 0.810, 0.850, 0.833$) for I, IIa og IIx. Det skal sies at veldig få studier finner en så klar sammenheng som denne studien. Den er gjort på personer som er styrketrente som vil gjøre at sammenhengen mellom endringene i muskelmasse og styrke vil kunne være større. De fleste trenings-studier som har blitt gjort, særlig hos utrente, viser en svak til middels sterk sammenheng mellom endring i muskelmasse og styrke med en r-verdi $0.157 - 0.644$ (Ahtiainen et al., 2016; Balshaw et al., 2017; Erskine et al., 2010; Erskine et al., 2014; Loenneke et al., 2017; Vigotsky et al., 2018). Se tabell 1 for oppsummering av tidligere studier.

Grunnen til de sprikene funnene på korrelasjonen mellom muskelvekst og muskelstyrke kan være mange. Flere faktorer påvirker styrke noe som gjør at forholdet mellom muskelvekst og styrke blir utfordrende å forstå. Hva som fører til økt styrke er ett komplekst tema da både nevralt faktorer og faktorer i muskelskjelettsystemet som endring av muskelarkitektur karakteristikk kan påvirke muskelstyrken (Vigotsky, Contreras & Beardsley, 2015). Ved hypertrofi ser vi en gunstig endring i momentarm i fleksor muskler, hvor en lengre

momentarm vil kunne gi økt kraft ved langsomme forkortningshastigheter (Raastad & Paulsen, 2010, s.26). I tillegg kan det oppstå endring i pennasjonsvinkel på muskel fasiklene, noe som vil kunne påvirke muskelkraften som overføres til senene uten at det nødvendigvis kan måles økt muskelmasse (Aagaard et al., 2001; Erskine et al., 2014). Andre mulige årsaker til misforholdet mellom muskelvekst og muskelstyrke kan være blant annet: at målt muskelvekst ikke er resultat av økt aktin- og myosinfilamenter (myofibril-drevet), andre tilpasninger i muskelfibre og at tilpasninger i vev henger etter økningen av kontraktile proteiner, og en måling av styrke før man kan se endringer av muskelvekst (Taber et al., 2019). Videre spekuleres det også om det kan være en forsinket treningseffekt av en større muskel, det vil si at en muskel som har økt sin masse/volum trenger tid til å lære seg å bruke den.

Noe som har vært mer i søkelyset de siste årene er at studiene som har blitt gjort bruker forskjellige målemetoder for måling av muskelvekst og styrke, og forskjellige statistikkanalyser (Vigotsky et al., 2018). Man har sett at DXA, CT, MR OG UL har gitt forskjellige resultater på måling av muskelmasse og at endringene som måles kanskje ikke gjenspeiler den hypertrofien som bidrar til økt muskelstyrke, da en økning av kontraktile proteiner (Haun et al., 2019). Målemetodene for muskelvekst klarer ikke å si noe om endringene skyldes økning av muskelproteiner eller væske, noe som vil ha påvirkning for muskelens evne til å utvikle kraft (Taber et al. 2019). I nyere tid har det blitt observert muskelvekst allerede etter 1-2 uker av en treningsintervensjon, noe som skiller seg ut fra andre studier som ikke finner signifikant muskelvekst før ett flere uker (Loenneke et al., 2017; Ogasawara et al., 2012). En studie av Vigotsky et al., 2018 viste at hvilke målemetoder og statistikkmetoder som benyttes, vil kunne påvirke korrelasjonen mellom endring i styrke og muskelmasse. I den nevnte studien så man at hvor på muskelens lengde (30, 50 og 70 %) ultralyd målingen ble gjort, ga forskjellige endringer i muskeltykkelse som påvirket korrelasjonen med endringer i styrke. Videre så de at within-subject analyse viste en sterkere korrelasjon mellom endringer i muskelmasse og styrke endring. Ved en within-subject (innenfor individ) analyse har man muligheten til å se på endringer på forskjellige tidspunkter adskilt fra andre forsøkspersoner i motsetning til en mer tradisjonell between-subject (mellom individ) analyse hvor pre – post score beregnes blant hverandre (Vigotsky et al., 2018). Andre studier som har sett på sammenhengen mellom treningsinduserte endringer i muskelmasse og muskelstyrke har ofte brukt between-subject analyse (Ahtiainen et al., 2016; Balshaw et al.,

2017; Cribb et al., 2007; Erskine, Fletcher & Folland, 2014; Erskine et al., 2010). Fokus rundt hvordan målemetoder som brukes, hvor på muskelen det måles og statistisk metode har vist seg å kunne være viktig i videre forskning på sammenhengen mellom endringer i muskelmasse og styrke.

Sammenheng mellom muskelvekst og styrke er ett omfattende og forvirrende tema hvor flere ulike faktorer spiller inn. Det trengs flere studier for å undersøke sammenhengen mellom muskelstyrke og muskelvekst for å få et klarere bilde.

Studie	n	Status	Intervensjon	Trening	Utfallsmål	Effekt	Korrelasjon
Ahtiainen et al., 2016	287	Utrente kvinner og menn (19-78 år)	20-24 uker mellom 1996-2011	2x i uken. Program etter generelle anbefalinger for fysisk aktivitet (Oja, P. & Titze, S., 2011). Progressiv økning i intensitet og volum. BP, KE og KF.	1RM BP (bilateral) Mager masse bein - DEXA (n = 96) QF CSA - MRI (n = 135) QF CSA - UL (n = 37) VL tykkelse - UL (n = 20) Mager masse samlet (n = 287)	+ 21,1 % ± 11,5 % + 2 % ± 3,6 % + 5,3 % ± 5,7 % + 6,2 % ± 7,4 % + 11,6 % ± 7,8 % + 4,8 % ± 6,1 %	r = 0.157, P < 0.01 1RM BP – M.M samlet mål
Balshaw et al., 2017	28	Unge utrente menn	Tilvenning + 12 uker trening	3x i uken (36 økter). Unilateral isometrisk kneekstensjon, 4x10 rep. Enten eksplosiv repetisjon (ca 1sek >80% MVT med 5 sek mellom rep eller jevn kontraksjon >75% MVT med ca 2 sek mellom rep. 2 min pause mellom sett.	MVT (iso) MR quadriceps volum	+ 21,7 % ± 11,5 % (P = 0.001) + 5,6 % ± 8,1 % (P = 0.001)	r = 0.461 p = 0.014
Erskine et al., 2014	33	Unge menn uten erfaring med styrketrening < 12 mnd	3 uker tilvenning, 6 uker uten, 12 uker trening	3x uken 8-12 RM x 2-3 sett Unilateral bicepscurl i preacher manual + bilateral preacher curl maskin	1 RM manual curl preacher MVF isometrisk MR (CSAmax) Biceps volum (estimert)	+ 41.6 % ± 19.9 % + 13,2 % ± 9,1 % + 15,9 % ± 5,8 % + 15,9 % ± 6,0 %	MVF - CSA _{max} r = 0.493 P = 0.004 MVF – b.volum r = 0.527 p = 0.002 1RM – CSA _{max} r = 0.406 P = 0.020 1RM – b.volum r = 0.482 P = 0.005
Erskine et al., 2010	53	Unge utrente menn. Uten styrketrening siste 12 mnd	2 uker tilvenning av tester + 9 uker trening	KE 3x uken. 10 rep x 4 sett (80% av 1RM). 2 min pause.	1 RM KE MVC KE Maksimal muskel kraft (F) QF PCSA Kraft/CSA QF volum	+ 68 % ± 30% (P < 0.001) + 26 % ± 11 % (P < 0.0001) + 22 % ± 11 % (P < 0.0001) + 5.7 % ± 4.5% (P < 0.001) + 16.5 % ± 11.2% (P < 0.001) + 5.6 % ± 3.4% (P < 0.001)	PCSA – F r = 0.14; P = 0.29 MVC – QF volum r = 0.15; P = 0.439 MVC – PCSA r = 0.48; P = 0.047
Loenneke et al., 2017	24	Uerfarne med styrketrening >6 mnd. Unge menn/kvinner og eldre kvinner	1 tilvennings økt og 2 pre-tester + 8 uker trening	3x uken (24). 8-10 RM x 3 sett Ca. 80 % RM Progressiv tilnærming. Beinpress, kneeskensjon, knefleksjon, nedtrekk, brystpress, skulderpress.	QF m.tykkelse - UL BP 1RM KE 1RM KF 1RM	Pre-post +0,3-0,7 cm. SF etter 2-3 uker. +11,3 kg (unge) og +13,5 kg (eldre). SF etter uke 6. +15,8 kg (unge) og +12,8 kg (eldre). SF etter uke 2. +18,2 kg (unge) og +12,6 kg (eldre). SF etter uke 2.	Within subject: Anterior 50% - beinpress r = 0.09 50% - ekstensjon r = 0.35 Anterior 70% - beinpress r = 0.11 70% - ekstensjon r = 0.23 Between subject (Pre-post score): Anterior 50% - beinpress r = 0.10

							50% - ekstensjon r = 0.06 Anterior 70% - beinpress r = 0.001 70% - ekstensjon r = 0.02
Cribb et al., 2007	33	Styrketrente menn (3-5 ganger i uken siste 6 mnd)	Supplement-studie. Tilvenningsfase (trening) 8-12 uker + 10 uker trening (supplement) (pre-post)	10 uker helkropp. 3x uken. Program med fokus på muskelvekst og styrkeøkning. Høy intensitet (RM).	1RM BP, KB, NT DEXA (Mager masse helkropp) CSA Kontraktil proteiner	P = 0.0001 CrCHO+3.7kg CrWP +3.4kg WP +2.3kg CHO +0.7kg SF økning alle fibertyper P = 0.001	CSA – 1RM knebøy: (P < 0.01) r = 0.810, 0.850, 0.833 (I, IIa, IIx) Kontraktil proteiner – 1RM KB: (P < 0.05) r = 0.654 Kontraktil proteiner - CSA (P < 0.01) r = 0.757, 0.855, 0.871 (I, IIa, IIx)
Vitgotsky et al., 2018	19	Aktive, men ikke erfaring med styrketrening	8 uker trening + 8 uker med «ned» trening	5x uken. 12 RM x 9 sett. Unilateral biceps curl	MVIC 30% biceps brachii tykkelse – UL 50% biceps brachii tykkelse – UL 70% biceps brachii tykkelse – UL Gj.snitt tykkelse – UL CSA - UL		MVIC – Tykkelse 30%: r = 0.644 MVIC – Tykkelse 50%: r = 0.356 MVIC – Tykkelse 70%: r = 0.413 MVIC – Tykkelse gj.snitt: r = 0.480 MVIC – CSA: r = 0.449

Tabell 1. Studier på sammenhengen mellom endringer i muskelmasse og styrke. BP: beinpress, KE: kneekstensjon, KF: knefleksjon, 1RM: 1 repetisjon maks, n: antall, QF: quadriceps femoris, CSA: tverrsnittareal, DEXA: Dual-energi røntgenabsorpsjonsmetri, MR: magnetresonansundersøkelse, UL: ultralyd, VL: vastus lateralis, MVT: maximum voluntary torque, MVF: maximum voluntary force, MVC: maximal voluntary contraction, PCSA: fysiologisk tverrsnittareal, SF: signifikant, KB: knebøy, NT: nedtrekk, Cr: kreatin, CHO: karbohydrat, WP: whey protein, MVIC: maximal voluntary isometric contraction.

2. Introduksjon

Styrketrening har tradisjonelt blitt brukt som treningsform for å forbedre fysisk prestasjonsevne hos idrettsutøvere, styrkeløftere og kroppsbyggere. I senere tid har styrketrening blitt mer og mer populært også hos den allmenne befolkningen, da det har blitt økt fokus på helse og velvære i samfunnet. I tillegg til muskelvekst og økt styrke har styrketrening vist seg å kunne gi helseeffekter som forbedret kardiovaskulær funksjon,

insulinfølsomhet, inflammatorisk respons, muskelkvalitet og koordinasjon (Figueiredo et al., 2017; Kraemer & Ratamess, 2004; Westcott, 2012). Styrke kan defineres som evnen til å produsere kraft mot en ekstern motstand og kan måles på flere måter (Taber et al., 2019). Økt maksimal styrke som følge av muskelvekst ved styrketrening blir tradisjonelt forklart med økt tverrsnittsareal i den aktuelle muskelen med flere sarkomerer i parallell som bidrar til kraftutvikling (Raastad & Paulsen, 2010, s.20). Muskelvekst skjer som følge av at netto proteinsyntese over tid er høyere en netto degradering (Damas et al., 2015; & Phillips et al., 1997). I nyere tid har det dukket opp en debatt rundt temaet om sammenhengen mellom muskelvekst og styrke-økning. Sammenhengen mellom muskelmasse og styrke ved utgangsverdi virker å være klar (Brechue & Abe, 2002; Fukunaga et al., 2001; Ye et al., 2013), men sammenhengen mellom muskelvekst og styrke-økning er mer uklar. Spesielt ser man når utrente individer som starter med styrketrening har ett misforhold mellom endring i muskelmasse og styrke (Ahtiainen et al., 2016; Balshaw et al., 2017; Erskine et al., 2010; Erskine et al., 2014; Loenneke et al., 2017; Vigotsky et al., 2018). Det er stort sprik mellom funnene i disse studiene, hvor ca. 15 – 65 % av styrke-endringen kan forklares med endring i muskelmasse. Dette gjør at bildet rundt temaet blir uklart. Økt styrke hos utrente individer som starter med styrketrening har tradisjonelt blitt forklart med nevrale adaptasjoner i den tidlige fasen og at bidrag fra muskelvekst inntreffer senere i perioden (Moritani & DeVries, 1979; Rutherford & Jones, 1986). Sammen med nevrale adaptasjoner blir andre faktorer som målemetoder, statistikk, intervensjon og muskelarkitektur nevnt som mulige årsaker til usikkerheten rundt sammenhengen mellom muskelvekst og styrke (Haun et al., 2019; Loenneke et al., 2017; Taber et al., 2019; Vigotsky et al., 2015; Vigotsky et al., 2018). Sammenhengen ser derimot ut til å være sterkere hos trente individer med erfaring innenfor styrketrening (Cribb et al., 2007). De mulige nevrale adaptasjonene og bedret teknikk vil i mindre grad spille en rolle for styrke gevinst hos erfarne styrke trente (Balshaw et al., 2019). En forbedret forståelse av sammenhengen mellom styrke og funksjon med underliggende faktorer som muskelmasse er derfor av interesse for blant annet forskere som undersøker mekanismene bak kraftproduksjon og helsepersonell som behandler aldersrelatert reduksjon av muskelmasse og styrke (Loenneke et al., 2019). Hensikten med denne studien var å utforske sammenhengen mellom muskelmasse og styrke, da spesielt i hvor stor grad kan endringer i styrke forklares med endringer i muskelmasse. Vi håpet å få ett klarere bilde ved bruk av flere forskjellige mål for muskelmasse og styrke, samt ett stort datasett ved bruk av ett kontralateralt studiedesign. Med bakgrunn i tidligere studier var hypotesene: 1) Ved baseline

vil det være en middels – sterk korrelasjon mellom muskelmasse og styrke; 2) Endringene i styrke kan i liten – middels grad forklares med muskelvekst etter 20 – 24 treningsøkter.

3. Metode

Denne oppgaven er en del av en større studie (Alpha and Omega of lifestyle therapy) koordinert av Håvard Hamarsland, hvor hovedmålet var å undersøke effekten av styrketrening kombinert med supplementering av n-3 flerumettede fettsyrer hos utrente personer med KMI > 30 og < 30. Oppgaven min inneholder kun analyse av styrke- og muskelmasse-mål, og tar ikke høyde for supplementering eller forskjeller i KMI.

3.1 Deltagere og studiedesign

Deltakerne i studien var friske utrente individer som ble rekruttert via sykehuset innlandet, lokal avis, plakater og sosiale medier (se tabell 3 for deltaker karakteristik). Inklusjon- og eksklusjonskriterier er oppsummert i tabell 2. Studien var godkjent av Regionale komiteer for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK), og ble gjennomført i henhold til Helsinki-deklarasjonen. Informert samtykke ble underskrevet av deltakerne før oppstart (se vedlegg). Datainnsamling er gjennomført på Høgskolen i Innlandet, avd. Lillehammer. Studien ble gjennomført over to blokker, hvor første blokk var september 2019 til mars 2020 og andre blokk september 2020 til mars 2021 (se figur 1 for tidsforløpet i studien). Resultater fra begge blokkene er inkludert i denne analysen. Kun forsøkspersoner som gjennomført alle tester er inkludert i min analyse (n = 51).

Tabell 2. Inklusjon- og eksklusjonskriterier.

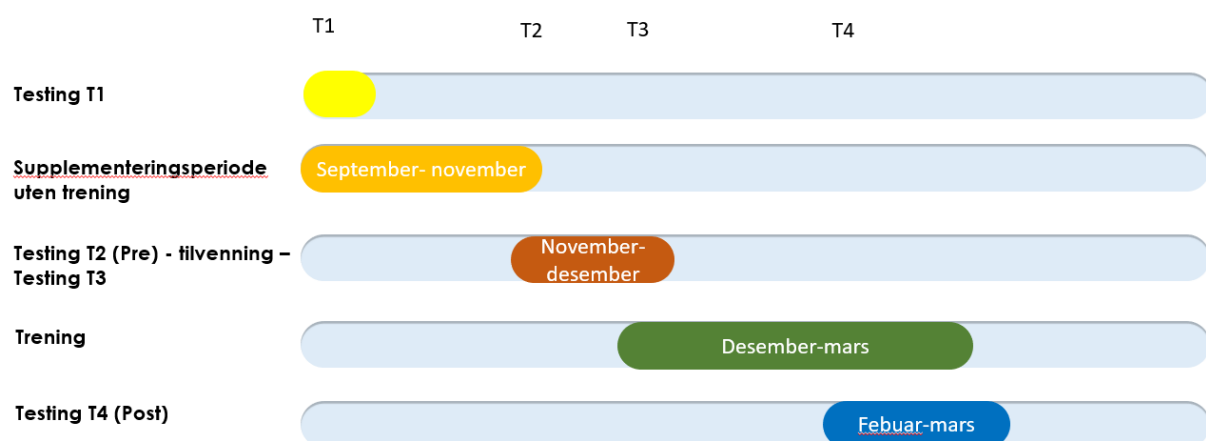
Inklusjon	Eksklusjon
Alder 30 – 60 år	Sykdom eller skader som hindrer tung styrketrening
KMI 20 – 43	Ustabil kardiovaskulær sykdom
< 3 timer utholdenhetstrening per uker	Muskel- og skjelettsykdom
	Røyker
	Forstår ikke norsk
	Alvorlig mental sykdom
	Allergisk for lokal bedøvelse
	Inntatt steroider siste to mnd

Tabell 3. Baseline karakteristikk

Alder (år)	48.1 (6.4)
Beinpress (kg)	133.9 (30.6)
Kneekstensjon (kg)	27.3 (9.8)
Isometrisk kneekstensjon (N)	206.4 (63.1)
Mager masse bein (kg)	9.3 (1.9)
Vastus lateralis tykkelse (cm)	2.25 (0.4)
Total mager masse (kg)	54.4 (10.2)
KMI	29.6 (4.9)

Verdier er gjennomsnitt ± standardavvik.

Det var fire forskjellige test-tidspunkter i denne studien: T1 – T2 (supplement periode), T2 – T3 (tilvenningsperiode) og T3 – T4 (treningsperiode). I denne oppgaven er pre (utgangsverdi) satt til T2 for å kunne ha en lenger periode med trening, i håp for å kunne se en større endring i muskelvekst. Før pre-test ble det gjennomført to tilvenningstester. Pre-test ble gjennomført to ganger, hvor høyeste verdi ble satt til utgangsverdi. Treningsintervensjonen bestod optimalt sett av 2 ukentlige økter. Ikke alle forsøkspersoner klarte å møte opp 2 ganger i uken hver uke, så for de ble perioden noe lenger. For å bli inkludert i analysen måtte man ha gjennomført minimum 20 og maks 24 økter. Veiledere under treningsøktene var bachelor- og masterstudenter fra idrettsvitenskap. Opplæring i trenings protokoller ble gitt fra leder av prosjektet – Håvard Hamarsland.

**Figur 1:** Viser tidsforløpet i studien.

3.2 Treningsprotokoll

Oppvarmingen bestod av 5 min med lav intensitet på sykkel, etterfulgt av en spesifikk oppvarming på beinpress apparatet med to sett a 10 repetisjoner (50-70 % RM). Øvelsene for

underekstremitetene var beinpress, kneekstensjon og knefleksjon. Disse ble gjort unilateralt, 3x10 RM og 3x30 RM. Hvilket bein som trente 10- og 30 repetisjoner var randomisert. Det ble også trent benkpress og hantelroing for å få trent overkroppen også. Disse øvelsene ble gjennomført med 3x10 RM. Det skulle tilstrebes å gjennomføre øvelsene i rekkefølgen: beinpress, kneekstensjon, knefleksjon, benkpress og hantelroing. Settene ble instruert til å trenes til utmattelse (RM). Vekten ble økt om forsøksperson klarte mer enn 10 eller 30 repetisjoner. Pause mellom settene var ca. 1,5-2 min. Om deltakerne gikk glipp en av treningsøkt, ble nytt tidspunkt avtalt slik at man nådde godkjent antall økter. Deltakerne ble oppfordret til å fortsette med sine vante daglige rutiner.

3.3 Styrketester

En repetisjon maksimum (1RM) ble testet i beinpress og kneekstensjon for måling av maksimal styrke i to av treningsøvelsene. I tillegg ble det gjort en maksimal isometrisk kneekstensjon. Testene ble gjennomført i lik rekkefølge fra gang til gang: beinpress, kneekstensjon og isometrisk kneekstensjon. Testene ble gjort unilateralt.

Forsøkspersonene hadde 5 min generell oppvarming på sykkel før de hadde en spesifikk oppvarming i testøvelsen. Den spesifikke oppvarmingen ble gjort med 10 rep/50% 1 RM, 6 rep 70% 1RM, 3 rep/80%, 1 rep på nær 100% av 1RM. Disse settene ble ikke gjennomført til utmattelse. Det ble gjennomført generell oppvarming for både beinpress og kneekstensjon. Pausene mellom 1RM forsøkene var på 2 min. Etter gjennomføring av høyere bein, gikk man direkte over til venstre bein. Det skulle alltid være ett mislykket løft for å finne 1RM. Testleder instruerte forsøkspersonene underveis og var den som i hovedsak justerte vekten. Forsøksperson benyttet samme innstilling og apparat under alle testene. Det ble oppfordret å ikke bedrive tung fysisk aktivitet de siste 48 timene før oppmøte til test. Alle styrketester ble gjennomført på egen testdag. Testingen ble ledet av masterstudenter.

1RM Beinpress

Beinpress apparatene som ble benyttet var av typen «Technogym, Gambettola, Italia». Innstillingene ble satt til nærmeste innstilling under 90 grader i kneleddet og samme innstillinger ble benyttet fra test til test. Posisjon på føttene skulle være lik fra test til test slik at man unngikk endring av muskelbruk. Løftet startet fra bunn slik at kun konsentrisk fase ble målt. Godkjent løft var når strekkapparatet var naturlig strekt ut og det var tensjon på m. quadriceps femoris. Vektjustering var på 2,5 kg. Klarte man f.eks 147,5 kg måtte man ha ett mislykket forsøk på 150 kg før man avsluttet testen, og 1RM ble da 147,5 kg.

1RM Kneekstensjon

1RM kneekstensjon ble gjennomført med «Technogym, Gambettola Italia» apparater. Det inaktive beinet ble fastspent slik at det kun var testbeinet som gjorde løftet. Godkjent høyde på løftet ble målt på forhånd og det ble plassert en strips som lagde lyd når løftet var godkjent. Det var ikke lov å heve hoften eller bøye seg frem fra ryggstøtten under løftet. Vektjustering var på 1,25 kg. Klarte man f.eks 30 kg måtte man ha ett mislykket forsøk på 31,25 kg før man avsluttet testen, og 1RM ble da 30 kg.

Isometrisk styrke

Isometrisk kneekstensjonsstyrke (0°/sek) ble målt i ett HUMAC Norm dynamometer (CSMi, Stoughton, Massachusetts, USA). Nødvendige innstillinger av sete, rygg og ankelpute ble gjort ved pre-test og samme innstillinger ble benyttet under post-test. Før maksimal test fikk forsøkspersonene ett oppvarmingsforsøk. Forsøkspersonene ble instruert til å gi maks innsats i 4-5 sek, for deretter å bli stoppet når kraften ble drastisk redusert. Det var to forsøk for hver test.

3.4 Muskelmasse

Måling av muskelmasse ble gjennomført på egen testdag i fastende tilstand. Deltakeren ble oppfordret til å faste de siste 12 timene før oppmøte og ikke bedrive tung fysisk aktivitet de siste 48 timene. Målingene ble gjort av samme testperson på alle testene.

DEXA

For måling av muskelmasse i underkropp ble dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) benyttet ved hjelp av programvare fra (Prodigy Advance PA+302047, Lunar, San Francisco, CA, USA) med en standard protokoll. Kroppssammensetning ble målt som mager masse bein. Urinprøver ble tatt for å sikre hydreringsstatus, da dette kan ha en rolle på resultatene for målingen av fettfrimasse. Dobbelt skann (halv kropp per skann) måtte benyttes på noen av deltakerne som var for store.

Ultralyd

Tykkelse av vastus lateralis ble målt ved hjelp av B-Mode ultralyd (HD11XE, Philips, Bothell, WA, USA) etter å ha gjennomført DEXA scan. Måling ble gjort i liggende tilstand og godt med vannløselig transmisjonsgel ble brukt for god kontakt mellom hud og apparat. Målingen ble gjort på 50 % av femurlengde og gjennomsiktig plastmappe ble brukt for å

markere målepunkt slik at det ble likt fra gang til gang. Kjennermerker som føflekker ble markert på plastmappen ved første test, slik at man fant frem til samme målepunkt senere. Testperson hadde ett jevnt trykk med sonden mot huden uten at huden ble komprimert. Det ble tatt tre bilder ved hver test. Bildene ble analysert med programmet imageJ og plug-in SMA 1.7. Kun vastus lateralis ble benyttet i min analyse da det ikke var mulig å analysere flere av forsøkspersonenes vastus intermedius.

Magnetresonansundersøkelse

Måling av quadriceps volum ble gjort med MR ved sykehuset innlandet før og etter trening. Det var begrenset med dager det var mulig å gjennomføre testingen, som gjorde at det var forskjell i hvor mange økter hver deltaker hadde gjennomført.

3.4 Data og statistikk

All rådata ble behandlet i Microsoft Excel (Microsoft, Redmond, WA, USA). Deskriptive data er presentert som gjennomsnitt (\pm standardavvik) om ikke annet er spesifisert. Statistiske analyser og figurer ble gjort i GraphPad Prism 9 (Graphpad Software, Inc., La Jolla, CA, USA).

En paret t-test ble benyttet for spesifisering av signifikant endring mellom pre- til posttest. Lineær regresjon ble benyttet for assosiasjon mellom absolutte verdier for de ulike målene for muskelmasse og styrke ved baseline, samt assosiasjonen mellom relative endringer mellom de forskjellige målene for muskelmasse og styrke. Ved vurdering av sammenheng mellom de forskjellige målene i denne oppgaven og andre studier har jeg gått ut fra disse inndelingene: $r = 0 - 0.1$ ingen, $r = 0.1 - 0.3$ svak, $r = 0.3 - 0.5$ middels, $r = 0.5 - 0.7$ sterk, $r = 0.7 - 0.9$ veldig sterk og $r = 0.9 - 1$ perfekt (Hopkins, 2012).

Analysene har blitt gjort med individene som gjennomførte alle testene. Unntaket er analysene som inkluderte MR (quadriceps volum). Noen gjennomførte ikke MR i det hele tatt, mens noen gjennomførte MR kun ved pre-test. Pre til post resultater fra MR (quadriceps volum) ble regnet om til endring per økt da forsøkspersonene hadde forskjellig antall økter mellom de to MR-skannene. Grunnen til at det ble valgt å analysere mager masse bein – 1RM beinpress, vastus lateralis tykkelse – 1RM kneekstensjon og quadriceps volum – isometrisk kneekstensjon var med tanke på hvilke muskelgrupper som brukes i de forskjellige styrketestene. I tillegg ble det laget samlet mål for muskelmasse og samlet mål for styrke ved

å gjøre de om til faktor. Dette gjorde vi ved å gjøre alle verdiene relative til høyeste målte resultat for hvert utfallsmål, og tok gjennomsnittet av disse for å få faktoren. Quadriceps volum ble ikke inkludert i samlet mål for muskelmasse. Signifikansnivå ble satt til 5 % ($p < 0.05$).

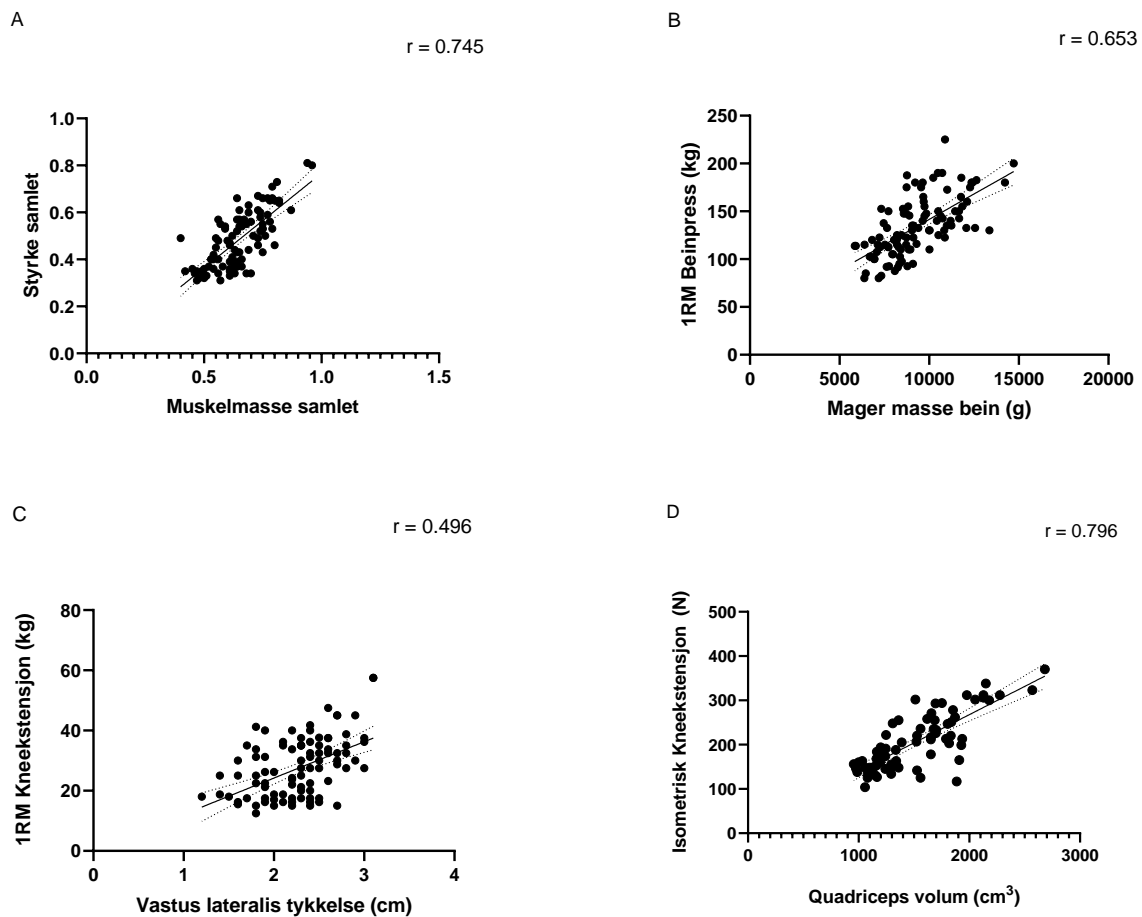
Tabell 4. Antall bein (n) analysert ved pre- og posttest.

Korrelasjonsanalyse	Pre	Post
Muskel masse samlet og styrke samlet	96	96
Magermasse bein og 1RM Beinpress	102	102
Vastus lateralis tykkelse og 1RM Kneekstensjon	102	102
Quadriceps volum og Iso	74	56

4. Resultat

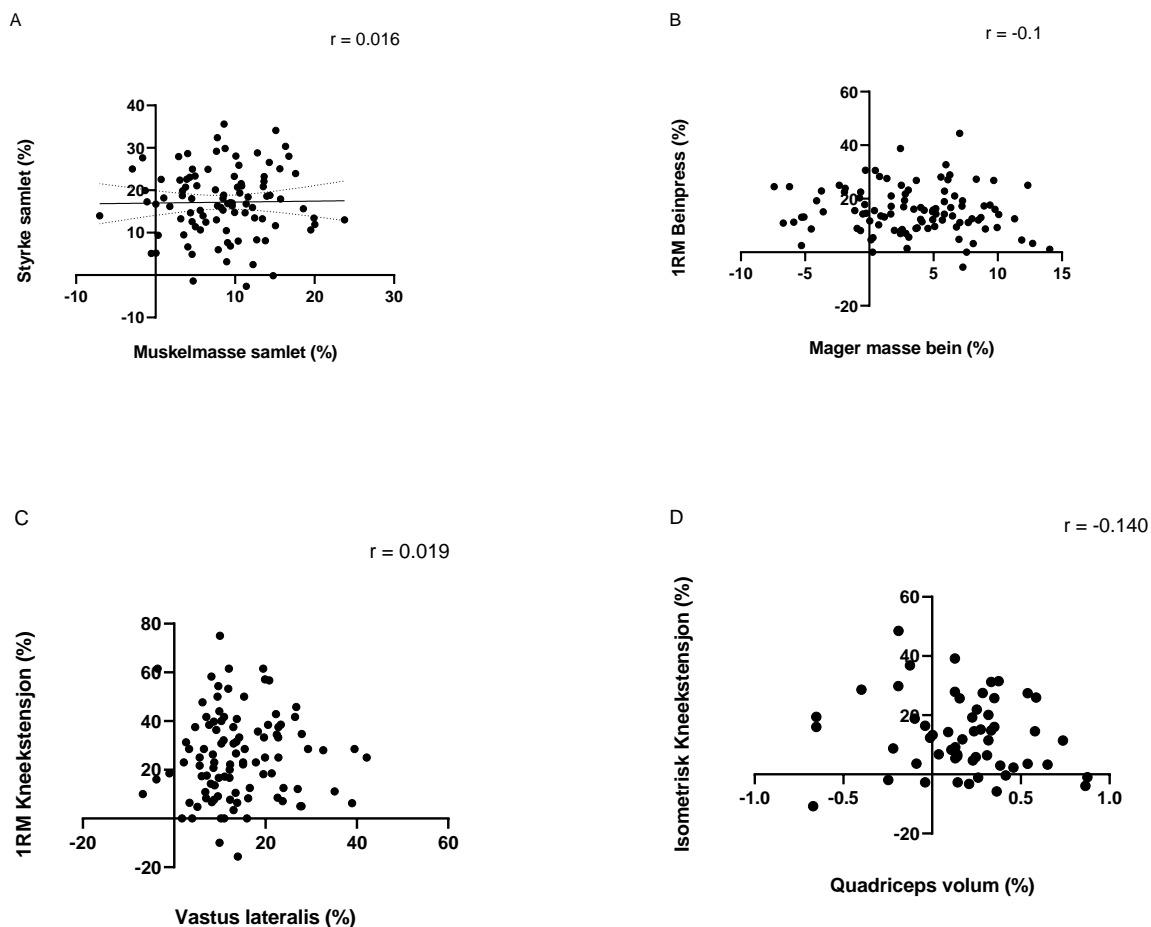
Relative endringer fra pre- til post test for de ulike målene var: 1RM beinpress (15.5 ± 8.7 %, $P < 0.05$), 1RM kneekstensjon (25.4 ± 17.6 %, $P < 0.05$), isometrisk kneekstensjon (13.8 ± 13 %, $P < 0.05$), mager masse bein (3.4 ± 4.7 %, $P < 0.05$), vastus lateralis tykkelse (14.1 ± 9.2 %, $P < 0.05$), styrke samlet (17.2 ± 8 %, $P < 0.05$) og muskelmasse samlet (8.5 ± 5.7 %, $P < 0.05$). Quadriceps volum endring ble estimert til per økt (0.2 ± 0.3 %).

Absolutte verdier ved pre-test viste at korrelasjonen mellom muskelmasse og styrke var sterk: samlet mål på muskelmasse og samlet mål på styrke ($r = 0.745$, $P < 0.05$), mager masse bein og 1RM beinpress ($r = 0.653$, $P < 0.05$), vastus lateralis tykkelse og 1RM kneekstensjon ($r = 0.496$, $P < 0.05$), isometrisk kneekstensjon og quadriceps volum ($r = 0.796$, $P < 0.05$).



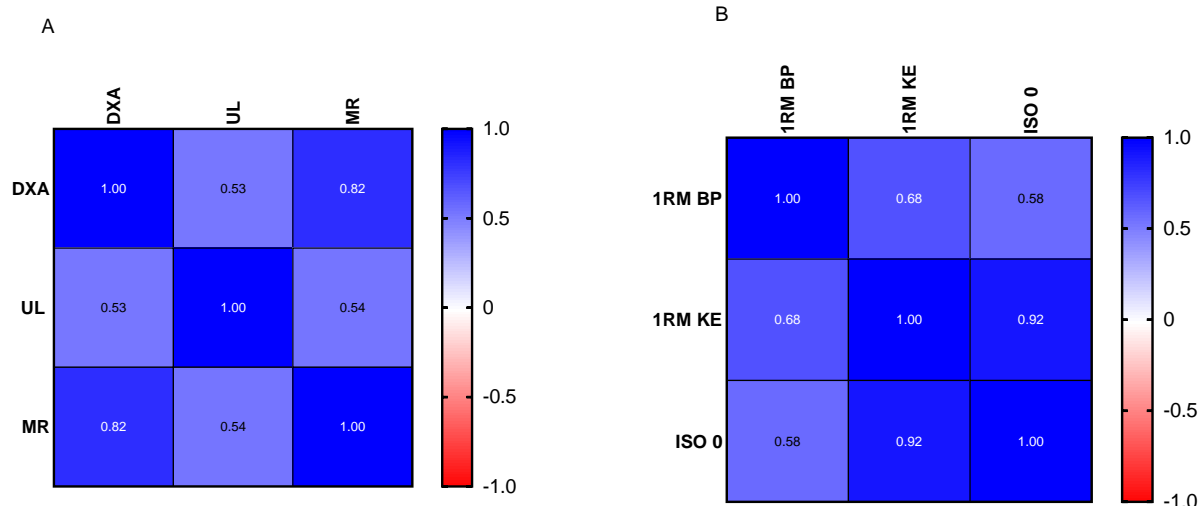
Figur 1: Korrelasjon mellom muskelmasse og styrke ved baseline (absolutte verdier). A) Muskelmasse samlet og styrke samlet ($n = 96$), B) Mager masse bein og 1RM Beinpress ($n = 102$), C) Vastus lateralis tykkelse og 1RM Kneekstensjon ($n = 102$), D) Quadriceps volum og Isometrisk kneekstensjon ($n = 74$). r verdi viser korrelasjon mellom de ulike målene.

Resultatene viste ingen sammenheng mellom relative endringer for muskelmasse og styrke mellom pre- og post test: muskelmasse samlet – styrke samlet ($r = 0.016$, $p > 0.05$), mager masse bein – 1RM beinpress ($r = -0.100$, $p > 0.05$), vastus lateralis tykkelse – 1RM kneekstensjon ($r = 0.019$, $p > 0.05$), quadriceps volum – isometrisk kneekstensjon ($r = -0.140$, $p > 0.05$).



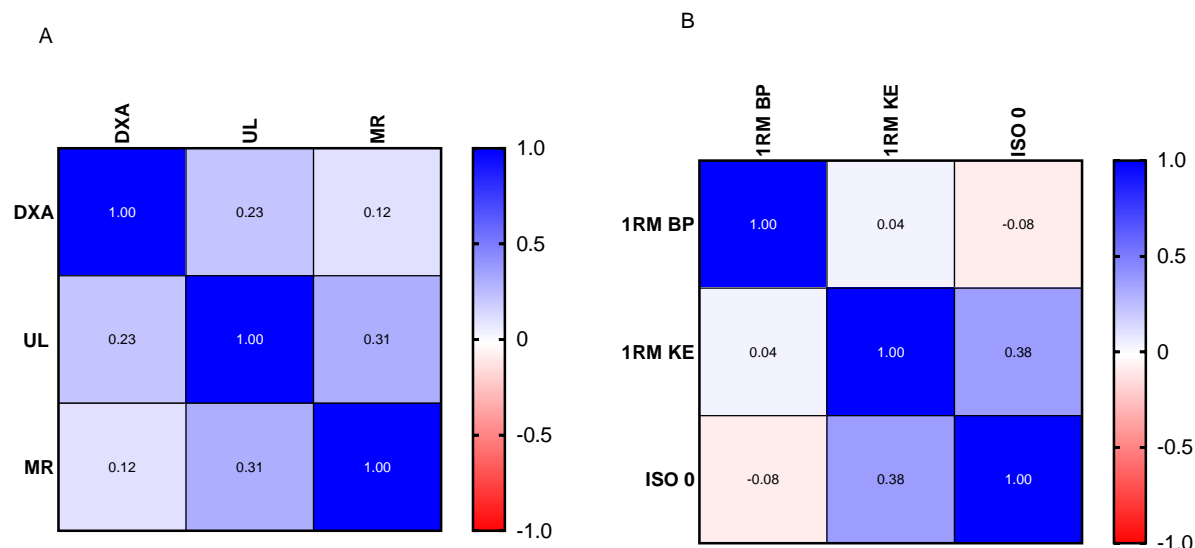
Figur 2. Korrelasjon mellom prosentvis endring fra pre- til post test. A) Muskelmasse samlet og styrke samlet (n = 96), B) Mager masse bein og 1RM Beinpress (n = 102), C) Vastus lateralis tykkelse og 1RM kneekstensjon (n = 102), D) Quadriceps volum og Isometrisk kneekstensjon (n = 56). r verdi viser korrelasjon mellom de ulike målene.

Absolutte verdiene for ulike målemetodene for muskelmasse korrelerte sterkt/veldig sterkt med hverandre ved baseline ($r = 0.53 - 0.82$). Det samme gjorde de absolutte verdiene for de ulike målemetodene for styrke ved baseline ($r = 0.58 - 0.92$).



Figur 3. A) Korrelasjon mellom de ulike målemetodene for muskelmasse ved pre (absolutte verdier). B) Korrelasjon mellom de ulike målene for styrke ved pre (absolutte verdier).

De ulike målemetodene for muskelmasse korrelerte i svak til middels grad med hverandre mellom pre- til post i relativ endring ($r = 0.12 - 0.31$). Målemetodene for styrke korrelerte i svak til middels grad med hverandre mellom pre- til post i relativ endring ($r = -0.08 - 0.38$).



Figur 4. A) Korrelasjon mellom de ulike målemetodene for muskelmasse ved pre til post endring (%). B) Korrelasjon mellom de ulike målene for styrke ved pre til post endring (%).

5. Diskusjon

Hovedmålet med denne studien var å undersøke sammenhengen mellom muskelmasse og styrke hos utrente individer. Hovedfunnene i studien var: 1) Styrke kan i sterk grad forklares med økende muskelmasse hos utrente individer ved baseline; 2) De relative endringene i styrke kunne ikke forklares med de relative endringene i muskelmasse hos utrente individer etter 20 – 24 økter.

Resultater fra denne studien viser at det er en sterk/veldig sterk sammenheng mellom muskelmasse og styrke ved baseline hos utrente individer, noe som samsvarer med tidligere funn (Fukunaga et al., 2001; Maughan & Nimmo, 1984; Maughan, Watson & Weir, 1984; Schantz, Randall-Fox, Hutchison, Tyden & Åstrand, 1983). Dette støttes også av studier gjort på trente individer (styrkeløftere) som viser at det er en sammenheng mellom muskelmasse og styrke ved baseline (Brechue & Abe, 2002; Ye et al., 2013). Funn fra denne studien og tidligere studier indikere at en større muskel gir økt kraftutvikling ved langsomme forkortningshastigheter.

I motsetning til den sterke sammenhengen mellom muskelmasse og styrke ved baseline, var det ingen sammenheng mellom relative endringer for muskelmasse og styrke. Resultatene i denne studien samsvarer ikke med studiene som har funnet en middels til sterk korrelasjon ($r \approx 0.3$ til 0.9) (Balshaw et al., 2017; Cribb et al., 2007; Erskine et al., 2010; Erskine et al., 2014; Loenneke et al., 2017; Vigotsky et al., 2018). Det er også studier som viser en noe svakere sammenheng mellom muskelmasse og styrke med ($r = 0.157$) (Ahtiainen et al., 2016). Den gjennomsnittlig endring i samlet mål for muskelmasse og styrke var $8.5 \pm 5.7 \%$ og $17.2 \pm 8 \%$, men det var store individuelle variasjoner $-7 - 23.8 \%$ og $-2.7 - 35.7 \%$. De samme store individuelle variasjonene har blitt observert i tidligere studier (Ahtiainen et al., 2016; Erskine et al., 2010; Hubal et al., 2005).

Det kan være flere ulike faktorer hvorfor vi ikke finner noe korrelasjon mellom endringer i muskelmasse og styrke, mens andre studier har en bedre korrelasjon. Det kan tenkes at denne intervensjonen med to til tre tilvenningstester ikke var nok til å fjerne de nevralt tilpasningene i stor grad. På en annen side hadde vi grunn til å tro at de styrke testene som ble benyttet ikke stilte store krav til teknikk og andre nevralt tilpasninger (Raastad & Paulsen, 2010, s.32; Rønnestad et al., 2007). Metaanalyse har konkludert med at 1RM tester har god til perfekt test – retest pålitelighet ($ICC = 0.97$) uavhengig av treningsstatus, antall tilvenningsøkter, øvelsesvalg, alder og kjønn (Grgic, Lazinica, Schoenfeld & Pedisic, 2020). Ved T1, 7 – 8 uker før

pre-test periode hadde deltakerne gjennomført to tilvenningstester, noe som er en god stund før selve pre-test og trening. Ved pre-test hadde deltakerne to test forsøk på to forskjellige dager som gjorde at vi større grad fikk valid test. Tidligere studier har vist at det ikke var noen forskjeller i styrke-endring mellom de som trente to ganger i uken over åtte uker og de som bare gjennomførte styrketester (Mattocks et al., 2017). Gruppen som gjennomførte normal styrketrening, hadde derimot en signifikant økning i muskelmasse i forhold til styrketest gruppen. Dette støtter tanken om at spesifisitet er viktigere for økt styrke enn bidrag fra muskelvekst hos utrente individer (Buckner et al., 2017). Etter måling av EMG-aktivitet ved isometrisk kneekstensjon konkluderte (Balshaw et al., 2019) i sin studie at maksimal agonist aktivering nærmer seg ferdig utviklet i løpet av de første 12 ukene når utrente starter med styrketrening, da det ikke var noen forskjell mellom individer som hadde trent 12 uker vs 4 år. Videre så man at optimal antagonist aktivitet utvikles over lenger tid, da det var forskjell mellom 12 uker og 4 år. De har også tidligere sett at forbedret agonist aktivering er den viktigste enkelt-faktoren hos utrente individer i løpet av 36 økter med isometrisk kneekstensjon ($P = 0.001$), og endringer i quadriceps-volum var sekundær-faktor ($P = 0.014$) (Balshaw et al., 2017). Det kan tenkes at individene i vår studie utviklet sin evne til å aktivere agonistene maksimalt mellom pre- og posttest, og derfor fikk en økning i styrke som ikke gjenspeilet endringer i muskelmasse. Tidligere intervensjon gjort på utrente individer viste en økning på så mye som 68 % i treningsøvelsen kneekstensjon, men til sammenligning hadde de 26 % økning i isometrisk kneekstensjon (Erskine et al., 2010). Dette etter to tilvenningstester før treningsintervensjonen. Deres studie viste at økningen i MVC (maximal voluntary contraction) i liten grad kunne forklares med økning av muskel volum ($r = 0.15$; $P = 0.439$), men i større grad med økning i fysiologisk tverrsnittsareal ($r = 0.48$; $P < 0.05$). Basert på funnene i denne studien og tidligere studier bør nevralt tilpasninger og læringseffekt av testing tas med i betraktningen av utrente individers styrke-endring.

En styrke ved denne studien er at de ulike målene for muskelmasse samsvarer godt ved baseline ($r = 0.52$ til 0.85). Det samme kan vi se for de ulike målene for styrke ved baseline ($r = 0.58$ til 0.92). Se figur 3 for korrelasjon mellom målemetoder ved baseline. Dette styrker metodene i studien, og det kan være grunn til å tro at muskelmasse og styrke som måles er reel og mindre grad skyldes metodiske problemer. For endringer pre til post samsvarer målemetoderne i mindre grad: muskelmasse ($r = 0.1$ til 0.45) og styrke ($r = -0.05$ til 0.37). Se figur 4 for korrelasjon mellom målemetoder pre til post. Det at de ulike målemetoderne ikke korrelerer med hverandre mellom pre- og posttest, tyder nok på at det er en del målevariasjon

som gjør dette problematisk. De måler samme konsept, men på forskjellige måter. Det ser ut til at responsen i de ulike musklene og ulike delene av musklene er så varierende. Å si noe generelt om styrke og muskelmasse ved å bruke ett mål på styrke og ett mål på muskelmasse kan se ut til å være unøyaktig. Det kan tenkes at måling av muskeltykkelse på ulike deler av muskelen slik det ble gjort i studien til Loenneke et al. og Vigotsky et al. kunne gitt oss en økt korrelasjon mellom endringene. Man har tidligere sett at test-retest reliabiliteten er sterk for de ulike metodene som er brukt til å måle muskelmasse i denne studien (Kephart et al., 2016; Smeulders et al., 2010; Thoirs & English, 2009). De forskjellige målemetodene har ofte vist seg å korrelere sterkt med hverandre målt ved ett tidspunkt (Levine et al., 2000; Maden-Wilkinson, Degens, Jones & Mcphee, 2013). Forskningen viser derimot sprikende funn mellom målemetodene når man ser på endringer ved trening (Haun et al. 2018; Vigotsky et al., 2018). Vigotsky et al. og Loenneke et al. så i sine studier ved målinger av muskeltykkelse med ultralyd at muskelen kan vokse ulikt på forskjellige steder. I denne studien kunne det vært interessant å sett på responsen på forskjellige muskler og områder på muskelen.

Det var gode rutiner for måling av muskelmasse og styrke. Spesielt for de ulike metodene av muskelmasse var det de samme testpersonene som gjennomførte testingen, mens for måling av styrke varierte det i noe grad hvilken testperson som gjennomførte. Selv om vi har gjort alt etter boka kan det nok være ulike faktorer som gjør at målevariasjonen mest sannsynlig er stor her. Samtidig som deltakerne kan ha fått en læringseffekt av å gjennomføre de ulike styrke testene, kan det også tenkes at testpersonene til en viss grad kan ha blitt noe flinkere til å gjennomføre testingen underveis (instruksjon og vektjustering m.m). Deltakerne ble oppfordret til å ha like rutiner før hver test, blant annet fysisk aktivitet i forkant, kosthold og hydreringsstatus. Dette er noe som ikke har blitt kontrollert i stor grad i denne oppgaven, men som kan ha en viss innvirkning på resultatet.

Konsentrasjon av kontraktile proteiner er noe som ikke har blitt analysert i denne oppgaven. Det er tidligere observert at endringer i fettfri masse (DXA) og vastus lateralis tykkelse (UL) viste ingen (MF – DXA, $r = -0.08$) til middels (MF – VL tykkelse, $r = 0.37$) korrelasjon med endringer i myofibril protein konsentrasjon hos utrente individer (Roberts et al., 2018). Det kunne vært interessant å måle endringer i protein konsentrasjonen i våre studie også, da for å se om dette kunne bidratt til å forklare misforholdet mellom endringer i muskelmasse og styrke. Altså om det kanskje kunne være en tettere pakking av kontraktile proteiner som bidro til økt styrke (Raastad & Paulsen, 2010, s.24). I likhet med de fleste andre studier som ser på sammenhengen mellom endringer i muskelmasse og styrke, har heller ikke vi tatt høyde for at

det kan ha oppstått endringer i muskelarkitektur karakteristikker. I teorien vil en endring av pennasjonsvinkel på fasiklene kunne oppstå ved styrketrening (Aasgaard et al., 2001; Erskine et al., 2014; Vigotsky et al., 2015). Det kunne ha vært interessant å sett på om det kan ha oppstått endringer i pennasjonsvinkler på fasiklene i denne studien for å se om dette kan ha påvirket misforholdet mellom endringer i muskelmasse og styrke.

Det har blitt observert at statistikken kan ha innvirkning på korrelasjonen mellom endringer i muskelmasse og styrke (Loenneke, et al., 2017; Vigotsky et al., 2018). Her har dem studert sammenhengen mellom endringer i muskelmasse og styrke, og ulike statistiske metoder har gitt ulike resultater. Ved pre til post endring mellom individene (between-subject) forklarte endring muskelmasse 4 – 10 % endringene i styrke, mens ved innenfor individene (within-subject) forklarte endring i muskelmasse 9 – 35 % endringene i styrke (Loenneke et al., 2017). Ved en innenfor individ (within-subject) analyse har man mulighet til å holde individene adskilt fra hverandre i motsetning til den mer tradisjonelle mellom individ (between-subject) analysen hvor pre – post verdi beregnes blant hverandre (Vigotsky et al., 2018). Ved en innenfor individ (within-subject) analyse kreves det at det er flere enn to tidspunkter som måles. Det ble ikke gjennomført testing underveis i treningsintervensjonen i vår studie, så det var derfor ikke mulighet til å gjøre en innenfor individ (within-subject) analyse. Etter funn fra Loenneke et al. og Vigotsky et al., kunne det vært interessant å utforske den statiske delen med flere måletidspunkter, for å se om dette kunne bidratt til korrelasjon mellom endringene i muskelmasse og styrke.

Alle deltakerne hadde ett opphold i treningen på to til tre uker på grunn av juleferie. I tillegg var det en del som fikk lavere treningsfrekvens på grunn av covid karantene og andre diverse grunner som gjorde at de måtte utsette treningen. Det spekuleres om at økt treningsfrekvens kan være gunstig for muskelvekst ved at det fører til hyppigere økning av muskel protein syntesen og dermed fører til mer tid i en positiv proteinbalanse (Dankel et al., 2016). Metaanalyse som har sett på treningsfrekvens innvirkning på muskelvekst har vist at to ukentlige økter er overlegent i forhold til en økt (Schoenfeld, Ogborn & Krieger, 2016). Lav frekvens mellom øktene hos flere av våre deltakere kan ha bidratt til at potensialet for muskelvekst har vært noe svekket. Dette blir veldig spekulativt da endringene i muskelmasse og styrke burde fulgt hverandre med likt antall økter, men vi vet ikke om hypertrofi og styrke blir påvirket i lik grad av redusert frekvens. Vi vet ikke heller ikke hvordan en lengere intervensjon ville påvirket sammenhengen mellom endringer i muskelmasse og styrke, men det er grunn til å tro at en lengere periode kunne utlignet forholdet noe (Moritani & DeVries,

1979; Rutherford & Jones, 1986; Taber et al., 2019). Lav treningsfrekvens og relativt kort treningsperiode kan spesielt ha spilt en større rolle da man tidligere har sett at muskelvekst potensialet kan være lavere for underekstremitetene enn overekstremitetene (Rønnestad et al., 2007). Kostholdet er noe som ikke har blitt sikret i denne studien. Ett tilstrekkelig energiinntak, og da spesielt proteininntak, er viktig for å oppnå ønsket treningsrespons (Morton et al., 2018; Rozenek, Ward, Long & Garhammer, 2002).

Som tidligere nevnt er det en del begrensninger med studien, men det er også flere styrker som bør belyses. Antall deltakere og det kontralaterale studiedesignet gir oss ett stort datasett. Gjennomføringen av to runder med forskjellige deltakere med lik intervensjon gjorde at vi fikk mange deltakere. Samtidig gir det kontralaterale designet oss mulighet til å analysere to bein per deltaker. Flere forskjellige målemetoder for både muskelmasse og styrke har gitt oss gode muligheter til å analysere sammenhengen mellom muskelmasse og styrke, samt sammenhengen mellom målemetodene. Målemetodene har etter beste evne blitt gjennomført med god standardisering med gode testprotokoller. For måling av muskelmasse har alle tester blitt gjennomført av samme testperson. Selv om noe av treningen kan ha blitt noe oppstykket, tyder deltakernes styrkefremgang i de aktuelle treningsøvelsene (15 – 25 %) på at det har vært en god treningsintervensjon. Deltakerne i studien har blitt veiledet og motivert av gode personlige trenere fra bachelor i idrettsvitenskap. Styrke adaptasjonene var i tråd med forventet fremgang hos utrente individer på ca. 1 % per økt (Kraemer et al., 2002).

6. Konklusjon

Styrke kan i stor grad forklares med muskelmasse hos utrente individer før de starter med styrketrening (baseline). Endringene i styrke etter 20 – 24 økter kunne ikke forklares med endringer i muskelmasse for denne populasjonen. Resultater fra denne studien og tidligere studier viser at sammenhengen mellom muskelvekst og styrke er uklar. Det trengs flere studier som utforsker temaet i fremtiden for å få ett tydeligere bilde.

Referanseliste

- Aagaard, P., Andersen, J. L., Dyhre-Poulsen, P., Leffers, A. M., Wagner, A., Magnusson, S. P., Halkjaer-Kristensen, J. & Simonsen, E. B. (2001). A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. *The Journal of Physiology*, 534:613–623.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00613.x>
- Abe, T., DeHoyos, D. V., Pollock, M. L. & Garzarella, L. (2000). Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *Eur J Appl Physiol* 2000; 81 (3): 174–180.
- Ahtiainen, J. P., Walker, S., Peltonen, H., Holviala, J., Sillanpää, E., Karavirta, L., ... Häkkinen, K. (2016). Heterogeneity in resistance training-induced muscle strength and mass responses in men and women of different ages. *Age (Dordr)*, 38(1), 10.
<https://doi.org/10.1007/s11357-015-9870-1>
- Antonio, G. & Goneya, W. J. (1993). Role of muscle fiber hypertrophy and hyperplasia in intermittently stretched avian muscle. *Journal of Applied Physiology*, 74(4), 1893-1898. <https://doi.org/10.1152/jappl.1993.74.4.1893>
- Balshaw, T.G., Massey, G. J., Maden-Wilkinson, T. M., Morales-Artacho, A. J., McKeown, A., Appleby, C. L., & Folland, J. P. (2017). Changes in agonist neural drive, hypertrophy and pre-training strength all contribute to the individual strength gains after resistance training. *European Journal of Applied Physiology* 117:631–640.
<https://doi.org/10.1007/s00421-017-3560-x>
- Balshaw, T. G., Massey, G. J., Maden-Wilkinson, T. M., Lanza, M. B. & Folland, J. P.(2019). Neural adaptations after 4 years vs 12 weeks of resistance training vs untrained. *Scand J Med Sci Sports*, 29(3), 348-359. <https://doi.org/10.1111/sms.13331>
- Brechue, W. F., & Abe, T. (2002). The role of FFM accumulation and skeletal muscle architecture in powerlifting performance. *Eur J Appl Physiol*, 86(4), 327-336.
<https://doi.org/10.1007/s00421-001-0543-7>
- Buckner, S. L., Dankel, S. J., Mattocks, K. T., Jessee, M. B., Mouser, J. G., Counts, B. R. & Loenneke, J. P. (2016). The problem Of muscle hypertrophy: Revisited. *Muscle Nerve*, 54(6), 1012-1014. <https://doi.org/10.1002/mus.25420>
- Buckner, S. L., Jessee, M. B., Mattocks, K. T., Grant Mouser, J., Counts, B. R., Dankel., S. J. & Loenneke, J. P. (2017). Determining strength: a case for multiple methods of measurement. *Sports Med.* 2017;47(2):193–5.
- Cribb, P. J., Williams, A. D., Stathis, C. G., Carey, M. F., & Hayes, A. (2007). Effects of whey isolate, creatine, and resistance training on muscle hypertrophy. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 39:298–307.
<https://doi.org/10.1249/01.mss.0000247002.32589.ef>

- Damas, F., Phillips, S., Vechin, F. C. & Ugrinowitsch, C. (2015). A review of resistance training-induced changes in skeletal muscle protein synthesis and their contribution to hypertrophy. *Sports Med*, 45(6), 801-807. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0320-0>
- Dankel, S. J., Buckner, S. L., Jessee, M. B., Grant Mouser, J., Mattocks, K. T., Abe, T. & Loenneke, J. P. (2018). Correlations Do Not Show Cause and Effect: Not Even for Changes in Muscle Size and Strength. *Sports Med*, 48(1), 1-6. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0774-3>
- Dankel, S. J., Mattocks, K. T., Jessee, M. B., Buckner, S. L., Grant Mouser, J., Counts, B. R., ... Loenneke, J. P. (2016). Frequency: The Overlooked Resistance Training Variable for Inducing Muscle Hypertrophy? *Sports Med 2016*. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0640-8>.
- DeFreitas, J. M., Beck, T. W., Stock, M. S., Dillon, M. A. & Kasishke, P. R., 2nd. (2011). An examination of the time course of training-induced skeletal muscle hypertrophy. *Eur J Appl Physiol*, 111(11), 2785-2790. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1905-4>
- Erskine, R. M., Fletcher, G., & Folland, J. P. 2014. The contribution of muscle hypertrophy to strength changes following resistance training. *European Journal of Applied Physiology* 114:1239–1249. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2855-4>.
- Erskine, R. M., Jones, D. A., Williams, A. G., Stewart, C. E. & Degens, H. (2010). Inter-individual variability in the adaptation of human muscle specific tension to progressive resistance training. *European Journal of Applied Physiology*, 110:1117–1125. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1601-9>.
- Figueiredo, V. C., Freitas de Salles, B. & Trajano, G. S. (2017). Volume for Muscle Hypertrophy and Health Outcomes: The Most Effective Variable in Resistance Training. *Sports Med*, 48(3), 499-505. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0793-0>
- Folland, J. P. & Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med*, 37(2), 145-168. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737020-00004>
- Fukunaga, T., Miyatani, M., Tachi, M., Kouzaki, M., Kawakami, Y. & Kanehisa H. (2001). Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 172:249–255. <https://doi.org/10.1046/j.1365-201x.2001.00867.x>.
- Grgic, J., Lazinica, B., Schoenfeld, B. J. & Pedisic, Z. (2020). Test–Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: a Systematic Review. *Sports Med*, 6(31). <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00260-z>
- Haun, C. T., Vann, C. G., Mobley, C. B., Roberson, P. A., Osburn, S. C., Holmes, H. M., ... Robert, M. D. (2018). Effects of graded whey supplementation during extreme-volume resistance training. *Front. Nutr.* 5:84. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00084>
- Haun, C. T., Vann, C. G., Roberts, B. M., Vigotsky, A. D., Schoenfeld, B. J. & Roberts, M. D. A. (2019). Critical Evaluation of the Biological Construct Skeletal Muscle

- Hypertrophy: Size Matters but So Does the Measurement. *Front. Physiol.* 10:247. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00247>
- Hopkins, W. G. (2012). A scale of magnitudes for effect statistics. A new view of statistics, vol. 502. <http://www.sportssci.org/resource/stats/effectmag.html>.
- Hubal, M. J., Gordish-Dressman, H., Thompson, P. D., Price, T. B., Hoffman, E. P., Angelopoulos, T. J., . . . Clarkson, P. M. (2005). Variability in muscle size and strength gain after unilateral resistance training. *Med Sci Sports Exerc*, 37:964–972
- Kephart, W. C., Wachs, T. D., Mac Thompson, R., Brooks Mobley, C., Fox, C. D., McDonald, J. R., et al. (2016). Ten weeks of branched-chain amino acid supplementation improves select performance and immunological variables in trained cyclists. *Amino Acids* 48, 779–789. <https://doi.org/10.1007/s00726-015-2125-8>
- Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S., & Triplett-McBride, T. (2002). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 34(2), 364-380. <https://doi.org/10.1097/00005768-200202000-00027>
- Kraemer, W. J. & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc*, 36(4), 674-688. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000121945.36635.61>
- Levine, J. A., Abboud, L., Barry, M., Reed, J. E., Sheedy, P. F., and Jensen, M. D. (2000). Measuring leg muscle and fat mass in humans: comparison of CT and dual-energy X-ray absorptiometry. *J. Appl. Physiol.* 88, 452–456. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.2.452>
- Loenneke, J. P., Dankel, S. J., Bell, Z. W., Buckner, S. L., Mattocks, K. T., Jessee, M. B., & Abe, T. (2019). Is muscle growth a mechanism for increasing strength? *Medical Hypotheses*, 125 (2019): 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2019.02.030>
- Loenneke, J. P., Rossow, L. M., Fahs, C. A., Thiebaud, R. S., Grant Mouser, J., & Bemben, M. G. (2017). Time-course of muscle growth, and its relationship with muscle strength in both young and older women. *Geriatrics & Gerontology International* 17(11):2000–2007. <https://doi.org/10.1111/ggi.13010>.
- Maden-Wilkinson, T. M., Degens, H., Jones, D. A., and Mcphee, J. S. (2013). Comparison of MRI and DXA to measure muscle size and age-related atrophy in thigh muscles. *J. Musculoskelet. Neuronal Interact.* 13, 320–328.
- Martineau, L. C. & Gardiner, P. F. (2002). Skeletal muscle is sensitive to the tension–time integral but not to the rate of change of tension, as assessed by mechanically induced signaling. *Journal of Biomechanics*, 35, 657–663. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(01\)00249-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(01)00249-4)

- Mattocks, K. T., Buckner, S. L., Jessee, M. B., Dankel, S. J., Mouser, J. G. & Loenneke, J. P. Practicing the test produces strength equivalent to higher volume training. *Med Sci Sports Exerc*, 2017. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001300>
- Maughan, R. J. & Nimmo, M. A. (1984). The influence of variations in muscle fibre composition on muscle strength and cross-sectional area in untrained males. *Journal of Physiology*, 351:299–311.
- Maughan, R. J., Watson, J. S. & Weir, J. (1984). Muscle strength and cross-sectional area in man: a comparison of strength-trained and untrained subjects. *British Journal of Sports Medicine*, 18:149–157.
- Moritani, T. & DeVries, H. A. (1979) Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med* 1979; 58 (3): 115–130
- Morton, R. W., Murphy, K. T., McKellar, S. R., Schoenfeld, B. J., Henselmans, M., Helms, E., ... Phillips, S. M. (2018). A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *Br J Sports Med*, 52(6), 376-384. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097608>
- Norgan, N. G. (2005). Laboratory and field measurements of body composition. *Public Health Nutr*, 8(7a), 1108-1122. <https://doi.org/10.1079/phn2005799>
- Ogasawara, R., Thiebaud, R. S., Loenneke, J. P., Loftin, M., & Abe, T. (2012). Time course for arm and chest muscle thickness changes following bench press training. *Interv Med Appl Sci*, 2012; 4 (4): 217–220
- Oja, P. & Titze, S. (2011) Physical activity recommendations for public health: development and policy context. *EPMA J* 2:253–259. <https://doi.org/10.1007/s13167-011-0090-1>
- Phillips, S. M., Tipton, K. D., Aarsland, A., Wolf, S. E. & Wolfe, R. R. (1997). Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am J Physiol*, 273(1 Pt 1), E99-107. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1997.273.1.E99>
- Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P. E., Rønnestad. B. R. & Wisnes. A. R. (2010). *Styrketrening - i teori og praksis*. Oslo: Gyldendal Norske Forlag AS.
- Roberts, M. D., Romero, M. A., Mobley, C. B., Mumford, P. W., Roberson, P. A., Haun, C. T., ... Kavazis, A. N. (2018). Skeletal muscle mitochondrial volume and myozenin-1 protein differences exist between high versus low anabolic responders to resistance training. *PeerJ*, 6:e5338. <https://doi.org/10.7717/peerj.5338>
- Rozenek, R., Ward, P., Long, S. & Garhammer, J. (2002). Effects of high-calorie supplements on body composition and muscular strength following resistance training. *J Sports Med Phys Fitness*, 42(3), 340-347.
- Rutherford, O. M. & Jones, D. A. (1986). The role of learning and coordination in strength training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 55(1), 100-105. <https://doi.org/10.1007/bf00422902>

- Rønnestad, B. R., Egeland, W., Kvamme, N. H., Refsnes, P. E., Kadi, F., & Raastad, T. (2007). Dissimilar effects of one- and three-set strength training on strength and muscle mass gains in upper and lower body in untrained subjects. *J Strength Cond Res*, 21(1), 157-163. <https://doi.org/10.1519/00124278-200702000-00028>
- Schantz, P., Randall-Fox, E., Hutchinson, W., Tyden, A. & Åstrand, P. O. (1983). Muscle fibre type distribution, muscle cross-sectional area and maximal voluntary strength in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 117:219–226. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1983.tb07200.x>.
- Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2857-2872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>
- Smeulders, M. J., Van Den Berg, S., Oudeman, J., Nederveen, A. J., Kreulen, M. & Maas, M. (2010). Reliability of in vivo determination of forearm muscle volume using 3.0 T magnetic resonance imaging. *J. Magn. Reson. Imaging* 31, 1252–1255. <https://doi.org/10.1002/jmri.22153>
- Smith, R. C. & Rutherford, O. M. (1995). The role of metabolites in strength training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 71(4), 332-336. <https://doi.org/10.1007/bf00240413>
- Taber, C. B., Vigotsky, A., Nuckols, G. & Haun, C. T. (2019). Exercise-Induced Myofibrillar Hypertrophy is a Contributory Cause of Gains in Muscle Strength. *Sports Med*, 49(7), 993-997. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01107-8>
- Thoirs, K. & English, C. (2009). Ultrasound measures of muscle thickness: intra-examiner reliability and influence of body position. *Clin Physiol Funct Imaging* 29, 440–446. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2009.00897.x>
- Vigotsky, A. D., Contreras, B., & Beardsley, C. (2015). Biomechanical implications of skeletal muscle hypertrophy and atrophy: a musculoskeletal model. *PeerJ*, 3:e1462. <https://doi.org/10.7717/peerj.1462>.
- Vigotsky A. D., Schoenfeld, B. J., Than, C., & Brown, J. M. (2018). Methods matter: the relationship between strength and hypertrophy depends on methods of measurement and analysis. *PeerJ*. <https://doi.org/10.7717/peerj.5071>
- Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomeé, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Med*, 37(3), 225-264. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00004>
- Westcott, W. L. (2012). Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Curr Sports Med Rep*, 11(4), 209-216. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31825dabb8>

Ye, X., Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Thiebaud, R. S., Kim, D. & Abe, T. (2013). Relationship between lifting performance and skeletal muscle mass in elite powerlifters. *J Sports Med Phys Fitness*, 53(4), 409-414.

Vedlegg

Alfa og omega i livsstilsterapi, 01.07.2019, versjon 2



Høgskolen i Innlandet

Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet

ALFA OG OMEGA I LIVSSTILSTERAPI

- STYRKETRENING OG OMEGA-3 SUPPLEMENTERING FOR FORBEDRET HELSE OG MUSKELFUNSJON MED I INDIVIDER MED OVERVEKT OG FRISKE KONTROLLER

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt for å undersøke hvordan økt fettmasse og omega-3 supplementering påvirker muskelmassen ved styrketrening. Du får dette informasjonsskrivet fordi du har vist interesse for studien.

For å delta i studien må du være mellom 30 og 60 år og være utrent (trene styrke mindre enn en gang i uken og utholdenhet mindre enn 3 timer i uken). Personer med ustabil kardiovaskulær sykdom, sykdom eller skade som hindrer tung styrketrening, sykdom i muskel- skjelettsystemet, alvorlige mentale lidelser, allergi mot lokalbedøvelse, røykere eller personer som har brukt medisiner eller preparater med steroider de siste to månedene vil bli ekskludert fra studien.

Fedme rammer hver femte voksne person i Norge og er forbundet med en rekke helseutfordringer. Blant disse utfordringene er tap av muskelmasse, -kvalitet og funksjon, noe som bidrar til å redusere livskvaliteten. Fedme gir også en rekke andre fysiologiske endringer som kan bidra til å redusere responser på livsstilsterapi med trening. Personer med fedme oppnår ikke de ønskede forbedringene i muskelfunksjoner og helsetilstand som typisk medfølger slik terapi. Vi vet lite om hvorfor, men det er trolig flere grep som kan tas for å øke effekten av treningen. Vi kan endre kroppens indre miljø, slik at den blir mottakelig for trening. Dette kan for eksempel gjøres gjennom endringer i kosthold. Vi kan også ta i bruk alternative treningsmetoder som omgår den iboende motstanden mot vekst i

muskulaturen. Sannsynligvis vil en kombinasjon av slike terapier (kombinasjonsterapi) føre til bedret trenbarhet. Hovedmålet med denne studien er å skaffe kunnskap om hvordan livsstilterapi kan optimaliseres for å omgå de fysiologiske utfordringene knyttet til fedme. Dette skal vi gjøre gjennom å kombinere inntak av et omega-3 supplement med to ulike styrketreningsprotokoller. De to protokollene gjennomføres på hvert sitt bein innad i deltakerne. Det ene beinet vil da trene 3 sett med 10 repetisjoner og det andre vil trene 3 sett med 30 repetisjoner. Sammenligningen innad i en deltaker fjerner forskjeller i genetikk, kosthold og livsførsel mellom treningsprotokollene og gjør det lettere å finne eventuelle forskjeller.

Hva innebærer prosjektet?

Deltakere i prosjektet skal deles i to grupper: en intervensjonsgruppe og en referansegruppe.

Intervensjonsgruppen skal innta enten omega-3 eller placebo, gjennomfører alle tester og gjennomføre 13 uker med styrketrening. Referansegruppen skal gjennomføre noen av testene og skal ellers fortsette å leve sitt vanlige liv. For intervensjonsgruppen består prosjektet av tre perioder (se figur 1). Periode 1 går over 7 uker hvor du inntar omega-3 tilskudd eller placebo uten å gjøre andre endringer i livsførselen din. Supplementeringen med omega-3 eller placebo fortsetter også gjennom de to neste periodene. Periode 2 er tilvenning til styrketrening og varer i 3 uker. Periode 3 er et styrketreningsprogram på 10 uker hvor hele kroppen trenes to ganger per uke. I periode 2 og 3 får du personlig oppfølging av en av våre bachelor- eller masterstudenter på alle økter. Før og etter hver av periodene gjennomføres en rekke tester for å måle effekten av omega-3 supplementeringen og styrketreningen (se tabell 1). I periodene med trening vil det være to oppmøter i uken og øktene vil vare ca 1 time. I ukene med testing vil det være 2-3 oppmøter i uken. Det vil være mulig å trene både på dagtid og ettermiddag.

Deltakere i referansegruppen vil få tilbud om å livsstilveiledning etter endt prosjektdeltakelse og vil få tilbud om en periode med veiledet styrketrening.

Gjennom prosjektperioden kan du ikke bruke kosttilskudd som inneholder omega-3. Antall fiskemiddager skal begrenses til en middag med hvit fisk per uke.

I prosjektet skal vi innhente og registrere opplysninger om deg gjennom følgende tester (se figur 1 for tidspunkter)

Tabell 1: Oversikt over tester og tidspunkt for intervensjonsgruppene og referansegruppen/gruppen

Intervensjonsgruppe	Referansegruppe
<ul style="list-style-type: none"> • Styrketester i beinpress og kneekstensjon (2xT1, 2xT2, T3, T4) • Utholdenhetstester <ul style="list-style-type: none"> ○ 6 minutters step test (TEST 1, 2, 4) 	<ul style="list-style-type: none"> • Styrketester i beinpress og kneekstensjon (2xTEST2, TEST4) • Måling av kroppssammensetning med DXA-scan (TEST 2, 4)

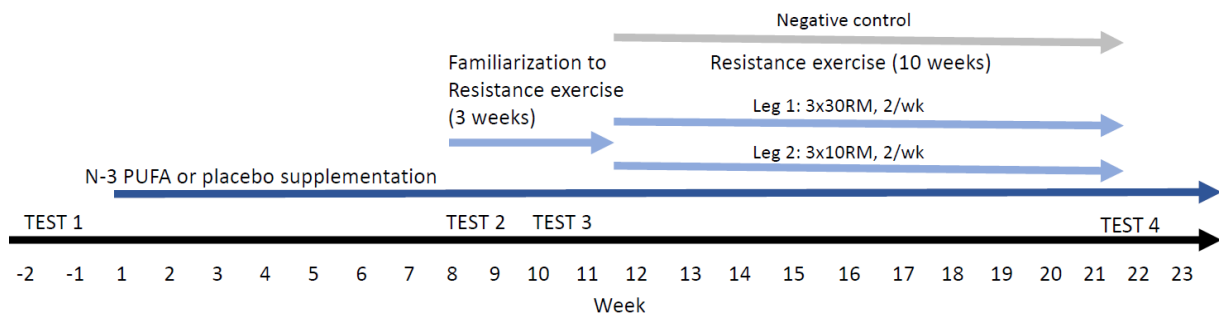
<ul style="list-style-type: none"> ○ Sykkeltest på ett bein (TEST 2, 4) ● Måling av kroppssammensetning med DXA-scan (TEST 1, 2, 3, 4) ● Måling av muskeltvernsnittareal og fettinfiltrasjon med MR (TEST 2, 4) ● Måling av midjeomkrets (TEST1, 2, 4) ● Måling av muskeltykkelse i låret med Ultralyd (TEST 1, 2, 3, 4) ● Oral glukosetoleransetest (TEST 1, 2, 4) ● Blodprøver (TEST 1, 2, 3, 4) ● Biopsier (TEST 1, 2, 3, 4) ● Inntak av deuterium for måling av muskelproteinsyntese i lårmuskulaturen (tre siste ukene av treningsperioden) ● Blodtrykk (TEST 1, 2, 4) ● Spørreskjema om helse, muskel- og skjelletplager (TEST 1, 2, 4) ● Kostregistreingsskjema (TEST 1, 2, 4) ● Avføringsprøver (TEST 1, 2, 4) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Måling av midjeomkrets (TEST1, 2, 4) ● Oral glukosetoleransetest (TEST 2, 4) ● Blodprøver (TEST 2, 4) ● Biopsier (TEST 2, 4) ● Spørreskjema om helse, muskel- og skjelletplager (TEST 2, 4) ● Kostregistreingsskjema (TEST 2, 4)
---	---

Testene vil fordeles på to testdager som vil ta ca 2-3 timer hver. Testdag 1 må gjøres på dagtid da flere av testene (blodprøve, DXA og biopsi) denne dagen må gjøres fastende. Testdag 2 kan gjøres på dagtid og ettermiddag.

Hensikten med de ulike testene

Flere studier finner at personer med overvekt ser ut til å ha en redusert evne til å bygge muskler og bli sterkere ved styrketrening. Det er også mulig at de to ulike treningsprotokollene (3x10 og 3x30) vil gi ulik effekt. For å undersøke disse spørsmålene måler vi effekten av styrketrening og omega-3 på styrke (beinpress og to typer kneekstensjon), utholdenhet (6 minutters step-test og ettbeins sykling) og muskelmasse (DXA, ultralyd, MR og muskelvekst ved hjelp av deuterium og muskelvekst på cellenivå i biopsiene) med flere ulike tester. Videre ønsker vi å undersøke effektene av styrketreningen på flere helsevariabler knyttet til overvekt og risikofaktorer for diabetes og hjerte-karsykdom (oral glukosetoleransetest, blodprøver, blodtrykk midjemål og fettmasse). Biopsiene fra låret kan hjelpe oss å forklare mekanismene (for eksempel: hvilke gener som slås av og på og hvordan cellene virker) bak endringene og eventuelle forskjeller vi finner i styrke og muskelvekst. I tillegg til det som skjer inne i muskelfibrene vil muskelveksten være avhengig av det miljøet som er rundt muskelen. To viktige bidragsyttere til dette miljøet er betennelse, som ofte er økt ved overvekt, og kommunikasjon fra andre vev via signaler som inngår i det vi kaller metabolomet. Betennelsesstatus og metabolomet blir målt i blodprøvene. To viktige bidragsyttere til både betennelse og metabolomet er fettvev og bakteriene i tamen, som begge påvirkes negativt av overvekt. Tidligere studier viser at omega-3 kan ha en positiv effekt på tarmbakteriene og fettvevet og derigjennom bidra til bedre helse og bedre forhold for muskelvekst. For å forstå hvordan tarmbakteriene påvirkes av trening og omega-3 og igjen potensielt påvirker treningseffekt tar vi også avføringsprøver. Kosthold er en faktor som påvirker effekten av

trening samt de fleste andre målene i denne studien. Vi gjør derfor 3 runder med kostregistrering gjennom studien. Overvekt fører ofte med seg plager blant annet i form av muskel- og skjelettplager, endret mage- tarmfunksjon og kan også påvirke livskvaliteten. Ved hjelp av flere spørreskjema ønsker vi å undersøke om styrketrening i kombinasjon med omega-3 kan redusere muskel- og skjelettplager, gastrointestinale plager og forbedre livskvaliteten.



Figur 1: Oversikt over studien

Mulige fordeler og ulemper

Totalt vil det tas 4 biopsier fra hvert bein i intervensjonsgruppen og 2 i hvert bein for referansegruppen. Noen vil synes denne typen vevsprøver er ubehagelig. Man blir typisk støl i muskulaturen i 1-2 dager etter biopsien. Inngrepet vil etterlate små arr, som hos de fleste forsvinner med tiden. I svært få tilfeller vil biopsitaking kunne føre til at følelsen i huden rundt biopsien forsvinner over en lengre periode. Biopsitaking er også forbundet med en viss infeksjonsfare. Risikoen for disse komplikasjonene er svært liten ved bruk av prosedyrene som benyttes i dette prosjektet. Biopsiene tas fra lårmuskelen på utsiden av låret ca midt mellom kneet og hoften. Vi setter først en dose lokalbedøvelse (samme type som hos tannlegen) før vi steriliserer området. Selve biopsien tas med en nål med en diameter på 2,1 millimeter som føres inn i lårmuskelen. For å få nok vev må vi inn 2-3 ganger i samme hull ved hvert testtidspunkt. Du vil få klare instruksjoner om hvordan du skal behandle såret i etterkant av prøvetagningen. Blodprøvene i studien anses ikke å ha noen risiko.

For å kunne måle hvor raskt nye proteiner bygges inn i muskulaturen må du i løpet av de tre siste ukene i prosjektet innta en større og to mindre doser med tungtvann. Det er ingen kjente helsekonsekvenser ved inntak av de dosene som anvendes i studien, men lett svimmelhet kan forekomme. For å unngå dette vil dosen fordeles over flere inntak og du vil følges opp av testpersonalet i perioden hvor svimmelhet kan inntreffe.

Styrketreningen vil mest sannsynlig føre med seg helsemessige forbedringer. I tillegg forventer vi en gjennomsnittlig økning i muskelmasse på ca. 2 kg for deltakerne i studien. Deltakelse i studien vil kunne gi mer kunnskap og erfaring med styrketrening og kan bidra til å etablere trening som en rutine i hverdagen. Deltagelse i studien vil gi mulighet til å gjennomføre en rekke tester du ellers ikke ville hatt tilgang til.

Skulle vi oppdage noe som avviker fra det vi forventer og/eller gir oss mistanke om helseproblemer vil det bli tatt initiativ til videre medisinsk oppfølging.

Frivillig deltakelse og mulighet for å trekke sitt samtykke

Det er frivillig å delta i prosjektet. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke. Dersom du trekker deg fra prosjektet, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner. Dersom du senere ønsker å trekke deg eller har spørsmål til prosjektet, kan du kontakte Håvard Hamarsland (tlf: 93445916, mail: havard.hamarsland@inn.no) eller Stian Ellefsen (tlf: 97666521, mail: stian.ellefsen@inn.no).

Hva skjer med opplysningene om deg?

Opplysningene som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med prosjektet. Du har rett til innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg og rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene som er registrert. Du har også rett til å få innsyn i sikkerhetstiltakene ved behandling av opplysningene.

Alle opplysningene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjenning opplysninger. En kode knytter deg til dine opplysninger gjennom en navneliste. Det er kun prosjektmedarbeiderne i studien som har tilgang til denne listen.

Opplysningene om deg vil etter endt prosjekt flyttes over i en generell biobank (se senere) og anonymisert innen 31.12.2028.

Hva skjer med prøver som blir tatt av deg?

Alle blod- og vevsprøver, samt øvrig informasjon som innhentes i prosjektet, inklusiv informasjon som blir utledet fra det biologiske materialet, vil bli lagret i kodet tilstand i en forskningsbiobank tilknyttet prosjektet og vil ved prosjektslutt bli overført til den generelle biobanken «The TrainOME –

humane cellers tilpasning til trening og miljø» (REK-id: 213483), situert ved Høgskolen i Innlandet/Sykehuset Innlandet. TrainOME-prosjektet er igangsatt for å avdekke sammenhenger mellom individers tilpasningsevne til trening, også kalt trenbarhet, og kroppslige/cellulære særtrekk. Gjennom den generelle biobanken skal prøvene analyseres sammen med prøver fra en rekke andre prosjekter, hvor den overordnede målsettingen er å studere faktorer som er bestemmende for generell trenbarhet. Dette innebærer generell analyse av cellebiologiske og genetiske trekk som for eksempel cellers form/utseende/evne til å dele seg og vokse, arvematerialets sammensetning (inkludert DNA-sekvens og epigenetisk modifisering), proteinsyntese, proteinforekomst og -funksjon, RNA-uttrykk og -regulering, hormonforekomst, kroppens indre miljø (metabolomet), og mange flere mål. Det biologiske materialet vil bli anonymisert innen 31.12.2038, hvorpå det vil bli destruert innen fem år. Forskningsdata som har blitt utledet av materialet vil deretter bli oppbevart i anonymisert tilstand på sikker server på ubestemt tid, sammen med øvrige data innhentet i prosjektet. Professor Stian Ellefsen er hovedansvarshavende for forskningsbiobanken.

Noen analyser skal gjøres hos samarbeidspartnere ved andre institusjoner. Analyse av muskelproteinsyntese skal gjøres ved universitetet i Birmingham i England. Analyse av muskelcellenes evne til å vokse, spesialisere seg og dele seg skal gjøres ved Universitet i Oslo (cellene holdes i live etter biopsitaking og er gjenstand for eksperimenter på laboratoriet). Prøvene som blir sendt til våre samarbeidspartnere vil være kodet. Det vil dermed ikke være mulig å finne tilbake til din identitet basert på prøvene alene. Eventuelle restmaterialer fra analysene vil enten bli destruert eller returnert til oss etter at analysene er gjennomført (senest innen 31.12.2026).

Genetiske undersøkelser

Det vil bli innhentet informasjon om din genetiske sammensetning. Denne informasjonen skal primært gi innsikt i sammenhengen mellom individuelle responser på styrketrening, målt som muskelvekst, og individuell genetisk variasjon. Altså å forstå hvorfor noen responderer bedre på styrketrening enn andre. Dette perspektivet er forankret i målsettingen med den generelle biobanken "Trainome - humane cellers tilpasning til trening og miljø" (REK-id: 2013/2041), hvortil prøvene skal overføres etter prosjektlutt. Forståelse for hvilken rolle ulike gener spiller for muskelvekst er på et tidlig stadium. Det er derfor ikke mulig å gi genetisk veiledning basert på analysene i studien. Det skal ikke gjøres analyser som kobler enkeltmutasjoner til bestemte helseutfordringer. Genetiske data er unike og er derfor i prinsippet ikke anonyme, selv om koblingsnøkkelen som kobler deg til dine data blir slettet. Alle genetiske data (inkludert transkriptomdata) skal oppbevares på sikker server hos Tjenester for sensitive data (TSD).

Forsikring

Som deltaker i studien er du forsikret gjennom Høgskolen Innlandets forsikring hos Gjensidige.

OppfølgingsPROSJEKT

Det kan bli aktuelt med et oppfølgingsprosjekt for å undersøke reproduserbarheten i treningsrespons. I den sammenheng vil deltakere kunne bli kontaktet igjen etter endt studie med informasjon om oppfølgingsstudien.

Økonomi

Studien og biobanken er finansiert gjennom forskningsmidler fra Høgskolen i Innlandet og Sykehuset Innlandet. Det finnes ingen økonomiske egeninteresser og alle som deltar som forskere og prosjektmedarbeidere, mottar kun vanlig lønn i løpet av prosjektperioden. Rimfrost AS har bidratt med omega-3 og placebo til studien. Rimfrost AS har skriftlig frasagt seg alt ansvar og rett til å påvirke resultat eller publikasjoner som resulterer fra prosjektet.

Godkjenning

Regional komité for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk har vurdert prosjektet, og har gitt forhåndsgodkjenning (2019/818)

Etter ny personopplysningslov har behandlingsansvarlig Høgskolen innlandet og prosjektleder Håvard Hamarsland et selvstendig ansvar for å sikre at behandlingen av dine opplysninger har et lovlig grunnlag. Dette prosjektet har rettslig grunnlag i EUs personvernforordning artikkel 6 nr. 1a og artikkel 9 nr. 2a og ditt samtykke.

Du har rett til å klage på behandlingen av dine opplysninger til Datatilsynet.

Kontaktopplysninger

Dersom du har spørsmål til prosjektet kan du ta kontakt med Håvard Hamarsland, tlf: 93445916, epost: havard.hamarsland@inn.no.

Personvernombud ved institusjonen er Anne Sofie Loftshus (anne.lofthus@inn.no).

Jeg samtykker til å delta i prosjektet og til at mine personopplysninger og mitt biologiske materiale brukes slik det er beskrevet

Sted og dato

Deltakers signatur

Deltakers navn med trykte bokstaver

FORESPØRSEL OM AVGIVELSE AV VEVS-OG BLODPRØVER TIL EN GENERELL FORSKNINGSBIOBANK

The TrainOme – humane cellers tilpasning til trening og miljø

Dette er en forespørsel til deg om du ønsker å bidra med vevs-og blodprøver i den generelle forskningsbiobanken the TrainOME.

Hva er The TrainOME?

The TrainOME er en generell forskningsbiobank som er godkjent av regional etisk komité (REK) og som legger til rette for oppbevaring av biologisk materiale som skal benyttes til forskning og kartlegging av sammenhengen mellom trenbarhet og cellulære egenskaper. Biobanken inkluderer vevs- og blodprøver fra en rekke enkeltstående forskningsprosjekt, som hver og en har blitt vurdert av regional etisk komite. Hvilke analyser som vil bli gjort på dine prøver vil i sin helhet være definert i den prosjektspesifikke prosjektprotokollen. For ytterligere informasjon, ta kontakt med hovedansvarshavende for forskningsbiobanken, Stian Ellefsen (epost: stian.ellefsen@inn.no; tlf: 61288103).

Hva skjer med prøvene og informasjonen om deg?

Prøvematerialet vil bli oppbevart i låsbar fryser på låst lagerrom, situert ved Høgskolen i Lillehammer/Sykehuset Innlandet. Alle opplysninger og prøver vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjennende opplysninger. En kode knytter deg til dine opplysninger og prøver gjennom en navneliste. Denne vil bli oppbevart adskilt fra øvrige data, enten i låst skap lokalisert til låsbart kontor eller på sikker server tilhørende Høgskolen i Lillehammer og vil kun være tilgjengelig for autorisert personell. Det vil ikke være mulig å identifisere deg i resultatene som kommer ut av biobanken når disse publiseres. Deler av materialet vil kunne bli sendt til utlandet for analyse. Merking vil i slike tilfeller være begrenset til identifikasjonsnummer; dvs. de vil bli sendt i kodet tilstand. Ubenyttet materiale vil bli returnert til Lillehammer i etterkant av analysene. Det biologiske materialet vil bli anonymisert innen 31.12.2038, hvorpå det vil bli destruert innen fem år. Høgskolen i Lillehammer ved administrerende direktør er databehandlingsansvarlig.

Dine rettigheter

Det er frivillig om du vil la ditt biologiske materiale inngå i The TrainOME-biobanken og du kan når som helst trekke tilbake ditt samtykke uten at du trenger oppgi grunn for dette. Hvis du sier ja til innlemmelse i biobanken, har du rett til å få innsyn i opplysninger som er registrert på deg og også rett til å få korrigert eventuelle feil som oppdages. Du vil etter loven ha krav på jevnlig informasjon om hvordan materialet blir benyttet. Om du trekker ditt samtykke, vil ditt biologiske materiale samt utledete data bli slettet, med mindre opplysningene allerede inngår i analyser eller har blitt brukt i vitenskapelige publikasjoner.

Prosjektkoordinator eller øvrige prosjektmedarbeidere kan kontaktes når som helst i arbeidstiden:

Stian Ellefsen (hovedansvarshavende), tlf: 61288103, epost: stian.ellefsen@inn.no

Bent Rønnestad (prosjektkoordinator), tlf: 61288193, epost: bent.ronnestad@inn.no

Gunnar Slettaløkken (prosjektkoordinator), tlf: 61288182, epost: gunnar.slettalokken@inn.no

Samtykke til deltakelse i den generelle forskningsbiobanken

Jeg bekrefter med dette å ha lest informasjonsskrivet knyttet til den generelle biobanken «The TrainOME – humane cellers tilpasning til trening og miljø» og samtykker til at mine vevs- og blodprøver kan inngå i biobanken:

Sted:.....

Underskrift:

Dato:/..... 20.....