



Høgskolen
i Innlandet

Fakultet for helse- og sosialvitenskap

Seksjon for helse og treningsfysiologi

MASTEROPPGAVE

Aleksander Skarpeid

Styrketrening med høy motstand gir større fremgang i
muskelkvalitet enn lav motstand

Master i avansert treningsfysiologi 2022

Forord

Først og fremst takk til Håvard Hammarsland som en meget god veileder og lærer. Tilgjengeligheten hans døgnet rundt når man trenger svar er unik. Selv om det ble hektisk på slutten av ulike grunner fikk jeg god hjelp og hadde ikke klart det uten han. Det som har vært mest lærerikt gjennom årene er alle samtale med Håvard, både i labben og på kontoret har det blitt noen timer med prat og fysiologi er andre ting.

Vil også takke og presisere at det lille men gode miljøet i idrettsseksjonen på Lillehammer er unikt. Det er dyktige lærere og samholdet og terskelen for en prat, diskusjoner og faglig hjelp veldig bra.

Takk til medstudenter som selv i koronatid skaper samhold og et godt arbeidsmiljø.

Sammendrag

Bakgrunn: Muskelkvalitet er styrke per enhet muskelmasse og har vist seg å være sentralt for god helse. Både muskelstyrke og muskelmasse er plastiske og kan forandres med styrketrening. Det er imidlertid få studier på hvordan muskelkvalitet påvirkes ved styrketrening i middelaldrende utrente individer.

Formål: Formålet med denne studien er å se forskjeller i effekten av 10 repetisjoner maksimum(10RM) og 30 repetisjoner maksimum (30RM) styrketrening på muskelkvalitet.

Metode: Muskelkvalitet ble estimert ved å måle isometrisk styrke i kneekstensjon og muskelvolum av quadriceps med MR hos 46 deltakere (alder = $47,5 \pm 7,9$, bmi = $28,7 \pm 4,5$). Deltakerne gjennomførte 13 ukers treningsintervensjon med 2 økter per uke. Det ene beinet gjennomførte 3x10RM og det andre beinet 3x30RM.

Resultater: Det var fremgang i muskelkvalitet etter 13 uker med styrketrening i gruppa med 10RM (13%, $P=0,001$) og gruppa med 30RM (6%, $P=0,001$). Det var en signifikant større fremgang i gruppe 10RM($P=0,001$). Muskelvolumet økte for begge grupper (10RM-4%, $P=0,001$ og 30RM 4,5%, $P=0,001$), ingen forskjell mellom gruppene($p=0,375$), men fremgangen i isometrisk styrke var større i gruppa med 10RM(16%, $P=0,001$) enn gruppe 30RM(8,5%, $P=0,001$)

Konklusjon: 13 ukers styrketrening med tung motstand gir større positiv endring i muskelkvalitet enn lav motstand.

Innholdsfortegnelse

Teori.....	5
Muskelstyrke.....	5
Muskelmasse	6
Muskelkvalitet.....	7
Muskelstimuli.....	8
Hensikt	9
Introduksjon.....	10
Metode.....	12
Studiedesign.....	12
Utvalg	13
Treningsprotokoll.....	14
Målinger	14
Analyser	15
Statistikk.....	15
Resultat	16
Diskusjon	17
Hvilke faktorer kan forklare økningen i styrke.....	19
Metodiske betraktninger	21
Videre forskning.....	21
Konklusjon.....	22
Referanser.....	23
Vedlegg	29

Teori

Muskulaturens sammensetning og funksjon er helt sentralt for god helse, og er en av de sterkeste predikatorene vi har for mortalitet (Linge et al., 2021). Muskulaturen er vårt største organ og bidrar til mange viktige funksjoner i kroppen i tillegg til bevegelse. Musklene er essensielle for energiforbruk (Pratley et al., 1994), utskillelse av myokiner (Pedersen et al., 2007), inflammatorisk respons (You et al., 2013) og regulering av blodglukose (Ibañez et al., 2005). I litteraturen er det et stort fokus på muskelmasse, men egenskaper per enhet volum i en muskel er ikke konstant og kvaliteten på muskulaturen, hvor godt den løser en oppgave i forhold til størrelse, er også av stor betydning (Jones, 2020). I denne oppgaven er fokuset på muskelkvalitet i form av kraftutvikling.

Sentrale aspekter med tanke på muskelens evne til å utvikle kraft per enhet muskelmasse er sammensetningen av kontraktilt og ikke kontraktilt vev. Det er høy forekomst av myosteatose ved inaktivitet og i eldre individer, som er en stor innvirkende faktor på dårlig muskelkvalitet. Nyere forskning peker mer i retning av god muskelkvalitet og fraværet av myosteatose, enn muskelmasse som den viktigste faktoren for god helse (Linge et al., 2021). Disse to faktorene er plastiske og kan påvirkes ved for eksempel styrketrening (Ikai & Fukunaga, 1968) (Correa-de-Araujo et al., 2020).

Muskelens kvalitet for kraftutvikling er definert som styrke per enhet muskelmasse (CHILES SHAFFER et al., 2017). I litteraturen er også spesifikk tensjon brukt med samme definisjon som muskelkvalitet (Tracy et al., 1999) (Erskine et al., 2011), og videre i denne oppgaven blir muskelkvalitet brukt som et samlet begrep. Muskelkvaliteten blir i stor grad påvirket av sammensetningen i muskulaturen, hvor for eksempel fettinfiltrasjon og økt mengde bindevev kan påvirke funksjonen negativt (Marcus et al., 2010b).

Muskelstyrke

Muskelstyrke er muskelens eller muskelgruppens evne til å skape kraft med en gitt hastighet (Kroemer, 1986). Denne egenskapen bestemmes av en rekke faktorer. Tverrsnittet på muskelen blir regnet som den viktigste faktoren til kraftutvikling (Ikai & Fukunaga, 1968). Et økt muskeltverrsnitt vil kunne påvirke muskelstyrken dersom et økt muskeltverrsnitt skyldes større fibre, flere sarkomerer i serie og parallell, flere kontraktile proteiner og større antall potensielle kryssbrokoblinger mellom aktin og myosin (Goldspink, 1999). Muskelfibrenes pennasjonsvinkel vil også påvirke kraftutviklingen til en muskel, da en økning på muskelfibrenes vinkel på den fjærformede quadriceps vil kunne gi økt styrke. Desto mer skråstilt muskelfibrene er desto større fysiologisk tverrsnitt blir det og dermed høyere potensial for kraftutvikling (Aagaard et al., 2001a). Muskelen består i hovedsak av muskelfibertype 1 som er treg og utholdende, type 2a er rask og litt utholdende og type 2X er svært rask og lite utholdende, og sammensetningen av disse vil være med å påvirke muskelstyrke, særlig når kontraksjonshastigheten øker

(Schiaffino & Reggiani, 2011), (Häkkinen et al., 1985). Nevrale faktorer som for eksempel antall motornevroner som er aktivert og fyringsfrekvensen, samt aktiveringen av agonister og hemming av antagonister er også sentrale for kraftutviklingen (Häkkinen et al., 1985) (Häkkinen et al., 1998).

Muskelstyrke er et meget sentralt utfallsmål innen idrettsforskningen og kan måles på forskjellig måter. 1 repetisjon maksimum (1RM) er det mest brukte og omtales ofte som et isotonisk arbeid. Ved hjelp av ulike former for dynamometer kan muskelstyrken også testes isometrisk og isokinetisk, noe som kan gi mer informasjon om muskulaturens kvaliteter (Barbat-Artigas et al., 2012). Når man benytter 1RM vil ofte testøvelsen være en av øvelsene som også er brukt i treningsintervensjonen. Dette medfører en større læringseffekt i denne type tester enn tester i et dynamometer som skiller seg fra øvelsen som har blitt trent. Følgelig ser man ofte større fremgang i styrke i 1RM enn i testene utført i et dynamometer noe som kan forklares med at nevrale adaptasjoner i mindre grad blir gjeldende i dynamometertester. Dette brukes som et argument for at disse testene i større grad representerer endringer i muskulaturen og i mindre grad nervesystemet (Häkkinen et al., 1985).

Muskelmasse

Muskelmasse er hvor stor masse muskelen innehar. Muskelen består i hovedsak av kontraktile elementer, bindevev og fett. Mager masse, muskeltykkelse, muskeltverrsnitt og muskelvolum er forskjellige måter å måle muskelmasse og blir målt med henholdsvis DXA, ultralyd, CT eller MR (Buckinx et al., 2018).

Muskelvolum er det anatomiske muskeltverrsnittet ganget med lengden på muskelen (Snodgrass et al., 2019) og er det beste målet for muskelmasse på grunn av hele muskelen blir målt og ikke bare et utsnitt. Ved bruk av MR og CT er det mulighet for at muskelen blir målt uten ektopisk fett og bindevev. MR og CT er ansett som gullstandarder for måling av muskelmasse, men på grunn av kostnad og tilgjengelighet brukes disse metodene relativt sjeldent i forskning og få studier har dermed gode mål på muskelvolum.

De kontraktile elementene i musklene produserer kraft og er den største andelen av totalen av muskelmassen. Hvis mengden bindevev og fett øker kan det gå utover funksjonen eller effektiviteten av kontraktile elementene (Marcus et al., 2010b). Ved inaktivitet eller med økende alder er det vanlig at muskelkvaliteten synker (Metter et al., 1999) der dannelse av mer bindevev og infiltrasjonen er en av hovedgrunnene, samt at det kontraktile vevet reduseres (Marcus et al., 2010a). Elementer for muskelmasse som antall kontraktile elementer, lengde på muskelfibrene og endringer i infiltreringen av fett og bindevev er alle plastiske (Hunter et al., 2004) (A. M. Pearson, 1990) og kan endres ved for eksempel inaktivitet eller styrketrening (Campos et al., 2002), (Kawakami et al., 1995).

En stor metaanalyse viser at for å optimalisere et treningsprogram for best mulig muskelvekst bør det være flere enn 8 repetisjoner til utmattelse da færre repetisjoner enn dette assosieres i større grad med økt styrke (Krzysztofik et al., 2019). Det forekommer også muskelvekst med bruk av mindre enn 8 repetisjoner, men i mindre grad enn over 8 repetisjoner. Majoriteten av styrketreningsintervensjoner i litteraturen bruker 8-15 repetisjoner på 75-85% av 1RM og kan vise til økning i muskelmasse (Schoenfeld et al., 2016), men det finnes andre studier som viser at lav motstand med under 50% av 1RM og 20-100 repetisjoner gir tilnærmet like stor økning i muskelvolum hvis det blir oppnådd full utmattelse (Campos et al., 2002) (Van Roie et al., 2013). Det er mange faktorer som påvirker en endring av muskelvolumet ved styrketrening. Blant disse er motstand, volum, rekkefølge på øvelser, hvor mange repetisjoner, hvor mange sett, tempo på bevegelse og lengde på pauser mellom seriene (Wernbom et al., 2007). Å finne en måte å optimalisere muskelvekst på er utfordrende, både grunnet alle de mulige kombinasjonene av treningsvariabler og stor individuell variasjon mellom individer.

Muskelkvalitet

Muskelkvalitet er definert som styrke per enhet muskelmasse (Maganaris et al., 2001). Med god muskelkvalitet vil man i mange tilfeller være sterk i forhold til egen kroppsvekt og er en fordel i aktiviteter der egen kroppsvekt blir flyttet, de fleste idretter og for eldre individer som skal gå opp ei trapp eller reise seg fra en stol. Muskelkvalitet er delt opp i 2 deler (muskelstyrke og muskelvolum) som begge påvirker utfallet av bedre eller dårligere muskelkvalitet. Muskelkvalitet kan da påvirkes ved å enten endre styrken, endre volumet på muskelen eller begge deler samtidig. Nedgang i muskelmasse med lik styrke gir en bedre muskelkvalitet, men er en ugunstig måte å oppnå bedret muskelkvalitet. Det er ønskelig å øke muskelkvalitet som et resultat av en større økning i muskelstyrke en økning i muskelmasse etter styrketrening.

I litteraturen som undersøker effekter av styrketrening på muskelkvalitet er det mest forskning på eldre og syke individer, mens det er lite forskning på muskelkvalitet for unge friske eller trente individer. Den eksisterende litteraturen viser tydelig at styrketrening med høy motstand gir positive effekter på muskelkvalitet hos eldre kvinner (Pinto et al., 2014), eldre menn (Ferrari et al., 2016), unge kvinner (Ivey et al., 2000) og unge menn (Erskine et al., 2011) (se tabell 1). Bare en observert studie som undersøker effekt av styrketrening på muskelkvalitet fikk en nedgang i muskelkvalitet, men skal nevnes at denne studien ble gjennomført på triceps og bare med 5 deltakere (Kawakami et al., 1995). Det er ingen observerte studier som bruker mange repetisjoner med lav belastning (over 15RM) og samtidig undersøker effekter på muskelkvalitet, dette er derfor et tomrom i litteraturen som er interessant å undersøke. Etersom muskelkvalitet er sammensatt av muskelstyrke og masse kan man få indikasjoner

ved å se til studier som har målt begge faktorer uten å ha rapportert direkte på muskelkvalitet. Blant disse studiene er det flere som har undersøkt styrketrening med lavere belastning. Både Campos et al., (2002) og Van Roie et al., (2013) finner ut at det blir mindre styrkefremgang med bruk av flere enn 15 RM, enn bruk av færre repetisjoner, men muskelmasseendringen er lik. Ut ifra disse funnene kan det antas at økningen i muskelkvalitet er mindre ved bruk av mange repetisjoner. I andre enden kommer det frem i studien til Mitchell et al., (2012) at styrkefremgangen ved bruk av mange repetisjoner er lik som bruken av få repetisjoner når styrketesten er gjort på isometrisk styrke. En bedret muskelkvalitet skyldes i alle observerte studier (Tabell 1) at den maksimale styrken øker mer enn muskelmassen. Det vil da være interessant å undersøke hva som skyldes den økte styrken i forhold økningen i muskelmasse og hvordan bruk av mange repetisjoner påvirker muskelkvalitet.

Muskelstimuli

Det er i hovedsak 2 forskjellige måter å gi muskelen stimuli på, det er høyt mekanisk strekk på muskelen og metabolsk stress (Timmons, 2011), (Goldspink, 1999). Stort mekanisk strekk er assosiert med høy treningsmotstand (Goldspink, 1999) og høyt metabolsk stress forekommer med lav motstand og mange repetisjoner og er assosiert med større produksjon av laktat og lavere PH i musklene som igjen er viktige faktorer for tilpasninger for muskelvekst (Nicholson et al., 2014). De metabolske reaksjonene fremtreder mest ved 10-12 repetisjoner og oppover og mekanisk strekk i større grad under 10 repetisjoner. Trening med 8-15 repetisjoner brukes ofte i styrketreningsstudier og kan ses på som en metode der det både blir relativt høy mekanisk strekk på muskulaturen og at det blir høyt metabolsk stress (Wernbom et al., 2007).

For at en muskel skal bli sterkere kan den tilføres ytre belastning (Frontera & Ochala, 2015). Forskjellen i belastningen som blir gitt musklene vil kunne påvirke adaptasjonene i musklene. En av hovedfaktorene som er med å bestemme hvordan styrketrening skal gjennomføres er motstanden det trenes med.

Motstanden vil i stor grad bestemmer antall repetisjoner man kan utføre. Det er mye diskutert hva som er det mest gunstige måten å trene på og i en søken etter å optimalisere et treningsprogram er det gjort mye forskning på dette tema. Styrketrening med få antall repetisjoner(1-6) og en høy motstand på over 80% av 1RM er mest assosiert med økt styrke og i mindre grad økning i muskelmasse (Campos et al., 2002).

Majoriteten av forskningen bruker treningsprogram med mellom 8 og 15 repetisjoner med over 65% av 1RM, og dette er allment kjent også fungerer godt for å øke både muskelstyrken og muskelmassen (Schoenfeld et al., 2016). Det er litt mindre forskning på bruk av over 15 repetisjoner og under 50% av 1RM, men forskningen viser også her en økt styrkefremgang, men i enda mindre grad enn 8-15 repetisjoner (Campos et al., 2002) (Mitchell et al., 2012). Selv om trening med høy motstand ser ut til å gi

størst økning i styrke er det andre effekter av lavere motstand med flere repetisjoner som gjør at trening med flere repetisjoner kan være interessant, blant annet økning i muskelmasse

Tabell 1, Oversikt over et utvalg av studier som omhandler effekten av styrketrening på muskelkvalitet.

Referanse	Tema	N	Alder	Dager/uke	Program	Muskelgruppe	målemetode	tid	resultat
Strasser et al (2018)	Styrketrening med friske eldre	86	>65	2	Strikktrening 35-40min 15 reps 1-2 serier	Helkropp inkl bein/ extensorer	DXA Dynamometer 60°/sek	18 måneder	Signifikant økning i MK
Ferrari et al (2016)	Styrketrening for trente eldre menn	24	65±4	2 og 3(2 forskjellige grupper)	8-12 reps 3 serier	Bein/ extensorer	1RM – Extensjon Ultralud- muskeltykkelse	20 uker trening, etterfulgt av 10 uker intervensjon	8 og 15 % økning i MK
Brooks et al (2018)	Styrketrening for eldre voksne med diabetes	62	66±2	3	8 reps 3 serier 70-80%-1RM	Knee extensor og beinpress	DXA 1RM	16 uker	45 % økning i MK, ingen økning i muskelmasse
Herda et al (2021)	Styrketrening for eldre voksne	65	66±7	2	8-12 reps 2 serier	Beinpress og knebøy	DXA 5RM	6 uker	MK i bein økte med 30%
Pinto et al (2014)	Styrketrening for eldre kvinner	36	66±8	3	12-15 reps 2-3 serier	Knee stension	Ultralud→ muskeltykkelse quadriceps 1RM	6 uker	MK økte med 15% i quadriceps
Ivey et al (2000)	Styrketrening for eldre menn og kvinner, unge menn og unge kvinner	42	65-75 20-30	3	5-10reps 5 serier	Bein- kneekstension	MR av quadriceps 1RM	9 uker	Økning i MK i begge kjønn både unge og gamle.
Erskine et al (2010)	Hva skjer når spesifikk tensjon øker med styrketrening	42	20±3	3	10 reps 4 serier 80% av 1RM	Bein-kneekstension	MR Isometrisk styrke dynamometer	9 uker	17% økning i MK (spesifikk tensjon)
Erskine et al (2010)	Individuelle variasjon på adaptasjon på spesifikk tensjon	53	20±3	3	10 reps 4 serier 80% av 1RM	Bein-kneekstension	MR Isometrisk styrke dynamometer	9 uker	17% økning i MK
Erskine et al (2009)	Styrketrening øker spesifikk tensjon i unge menn	17	20±2	3	10 reps 4 serier 80% av 1RM	Bein-kneekstension	MR Isometrisk styrke dynamometer	9 uker	20% økning i MK
Kawabami et al (1995)	Treningseffekter av spesifikk tensjon	5	29±4	3	8 reps 5 serier	Triceps	MR Torque i triceps.	16 uker	Nedgang i MK
Reeves et al (2004)	Effekter av styrketrening på spesifikk tensjon	9	74,3±3,5	3	10 reps 2 serier 80% av 1RM	Bein, kneekstension og beinpress	Ultralud-muskeltykkelse dynamometer	14 uker	19% økning i MK

Hensikt

Grunnet forskningsgrunnlaget på muskelkvalitet er veldig ensformig, med tanke på alder, kjønn og treningsprogram, vil det være interessant å undersøke hvordan bruk av mange repetisjoner i treningsintervensjonen påvirker endring i muskelkvalitet. Med utgangspunkt i at den nåværende forskningen på styrketrening med flere enn 15 repetisjoner antyder at kan gi en like stor muskelvekst som bruk av få repetisjoner, men en mindre økning i styrke.

Derfor vil denne oppgaven undersøke

1. Er det forskjell i endring i muskelkvalitet ved trening med 10RM og 30RM gjennom 13 uker med styrketrening i middelaldrende friske individer?

Og kan besvare problemstillingen

Gir bruk av 10RM mer fremgang enn 30RM på muskelkvalitet etter styrketrening?

Hypotese: 10 RM vil gi en større fremgang i muskelkvalitet enn 30RM etter styrketreningsintervensjonen.

Introduksjon

Muskulaturens sammensetning og funksjon er helt sentralt for god helse, og er en av de sterkeste predikatorene vi har for mortalitet (Linge et al., 2021). Muskulaturen er vårt største organ og bidrar til mange viktige funksjoner i kroppen i tillegg til bevegelse. I litteraturen er det et stort fokus på muskelmasse, men egenskapene per enhet volum i en muskel er ikke konstant og kvaliteten på muskulaturen, hvor godt den løser en oppgave i forhold til størrelse, er også av stor betydning (Jones, 2020). I denne oppgaven er fokuset på muskelkvalitet i form av kraftutvikling.

Muskelens kvalitet for kraftutvikling er definert som styrke per enhet muskelmasse (CHILES SHAFFER et al., 2017). I litteraturen er også spesifikk tensjon brukt med samme definisjon som muskelkvalitet (Tracy et al., 1999) (Erskine et al., 2011), og videre i denne oppgaven blir muskelkvalitet brukt som et samlet begrep.

Muskelstyrke er muskelens eller muskelgruppens evne til å skape kraft med en gitt hastighet (Kroemer, 1986). Denne egenskapen bestemmes av en rekke faktorer. Tverrsnittet på muskelen blir regnet som den viktigste faktoren til kraftutvikling (Ikai & Fukunaga, 1968) (Goldspink, 1999). Muskelfibrenes pennasjonsvinkel vil også påvirke kraftutviklingen til en muskel. En økning i pennasjonsvinklen på fjærformede quadriceps vil igjen kunne gi økt styrke (Aagaard et al., 2001a).

Muskelfibertypesammensetning av type 1, 2a og 2x i muskulaturen er også med å bestemme potensiale for kraftutvikling. Nevrale faktorer som for eksempel antall motornevroner som er aktivert og fyringsfrekvensen på disse påvirker også kraftutviklingen (Häkkinen et al., 1985). I hvor stor grad agonisten i et muskellarbeid er aktivert og hvor mye antagonisten er aktivert vil også påvirke muskelens evne til kraftproduksjon (Häkkinen et al., 1998).

Muskelmasse er hvor stor masse muskelen innehar. Muskelen består i hovedsak av kontraktile elementer, bindevev og fett. Mager masse, muskeltykkelse, muskeltverrsnitt og muskelvolum er forskjellige måter å måle muskelmasse og blir målt med henholdsvis DXA, ultralyd og CT eller MR. Muskelvolum er det anatomiske muskeltverrsnittet ganget med lengden på muskelen (Snodgrass et al., 2019) og er det beste målet for muskelmasse på grunn av at det kan måle hele muskelen og ikke bare et utsnitt.

Styrketrening er en god måte å endre muskelmassen på. Dette kan skje gjennom flere mekanismer. Man kan øke størrelsen på muskelfibrene som et resultat av flere kontraktile elementer, økt lengde på muskelfibrene, eller så kan man redusere mengden bindevev og fett i musklene. Ofte skjer flere av disse forandringene samtidig (Hunter et al., 2004) (A. M. Pearson, 1990).

En stor metaanalyse viser at for å optimalisere et treningsprogram for best mulig muskelvekst bør det være flere enn 8 repetisjoner til utmattelse da færre repetisjoner enn dette assosieres i større grad med nevralt tilpasninger og økt styrke (Krzysztofik et al., 2019). Det forekommer også muskelvekst med bruk av mindre enn 8 repetisjoner, men i mindre grad enn over 8 repetisjoner.

Muskelkvalitet er definert som styrken delt på muskelmassen (Maganaris et al., 2001), altså hvor sterk muskelen er per enhet muskelmasse. Muskelkvalitet er delt opp i 2 deler (muskelstyrke og muskelvolum) som begge påvirker utfallet av bedre eller dårligere muskelkvalitet.

Innen forskningen på muskelkvalitet og hvordan styrketrening kan endre dette er det er mest forskning på eldre individer og individer med forskjellige sykdommer, mens det er lite forskning på muskelkvalitet i unge friske personer. Den eksisterende litteraturen viser tydelig at styrketrening med høy motstand gir positive effekter på muskelkvalitet hos eldre kvinner (Pinto et al., 2014), eldre menn (Ferrari et al., 2016), unge kvinner (Ivey et al., 2000) og unge menn (Erskine et al., 2011) (se tabell 1).. Det er ingen observerte studier som bruker mange repetisjoner med lav belastning (over 15RM) og samtidig undersøker forskjeller i effekt på muskelkvalitet, derfor er det interessant å undersøke mer effekter av bruk av mange repetisjoner på muskelkvalitet. Ettersom muskelkvalitet er sammensatt av muskelstyrke og muskelmasse kan man få indikasjoner ved å se til studier som har målt begge faktorer uten å ha rapportert direkte på muskelkvalitet. Blant disse studiene er det flere som har undersøkt styrketrening med lavere belastning. Både Campos et al., (2002) og Van Roie et al., (2013) finner ut at det blir mindre styrkefremgang med bruk av flere enn 15 RM, enn bruk av færre repetisjoner, men muskelmasseendringen er lik.

Det er i hovedsak 2 forskjellige måter å gi muskelen stimuli på, det er høyt mekanisk strekk på muskelen og metabolsk stress (Timmons, 2011), (Goldspink, 1999). Høyt mekanisk strekk er assosiert med stor treningsmotstand (Goldspink, 1999) og høyt metabolsk stress er assosiert med større produksjon av laktat og lavere PH i musklene som er viktige faktorer for tilpasninger (Nicholson et al., 2014).

En av hovedfaktorene som er med å bestemme hvordan styrketrening skal gjennomføres er motstanden det trenes med. Motstanden vil i stor grad bestemme antall repetisjoner man kan utføre. Styrketrening med få antall repetisjoner(1-6) og høy mostand er assosiert med økt styrke (Campos et al., 2002).

Majoriteten av forskningen bruker treningsprogram med mellom 8 og 15 repetisjoner med over 65% av 1RM, og dette er godt bevist også fungerer godt for å øke muskelstyrken og muskelvolum (Schoenfeld et

al., 2016). Det er litt mindre forskning på bruk av over 15 repetisjoner og under 50% av 1RM, men forskningen viser også her en økt styrkefremgang, men i enda mindre grad enn 8-15 repetisjoner (Campos et al., 2002) (Mitchell et al., 2012).

Grunnet forskningsgrunnlaget på muskelkvalitet er veldig ensformig, med tanke på alder, kjønn og treningsprogram, vil det være interessant å undersøke bruk av mange repetisjoner i treningsintervensjonen for få en eventuell endring i muskelkvalitet. Med utgangspunkt i at den nåværende forskningen på styrketrening med flere enn 15 repetisjoner antyder at kan gi en like stor muskelvekst som bruk av få repetisjoner, men en mindre økning i styrke.

Derfor vil denne oppgaven undersøke

1. Er det forskjell i endring i muskelkvalitet ved trening med 10RM og 30RM gjennom 13 uker med styrketrening i middelaldrende friske individer?

Og kan besvare problemstillingen

Gir bruk av 10RM mer fremgang enn 30RM på muskelkvalitet etter styrketrening?

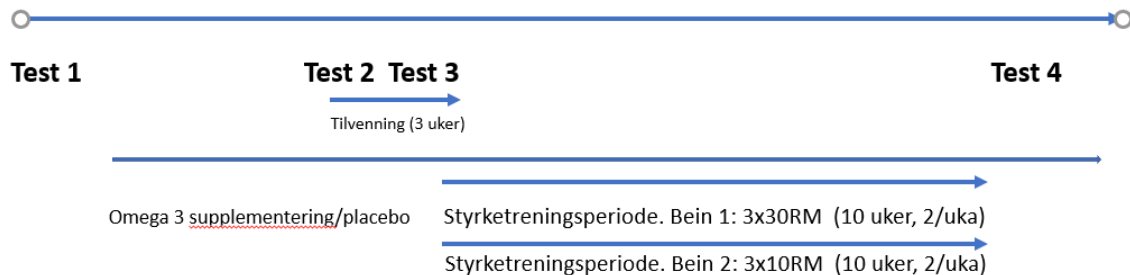
Metode

Denne studien har innhentet data fra et forskningsprosjekt som heter alfa omega som undersøker effekten av omega 3 tilskudd på styrke og muskelvekst i en periode på 13 uker. Alfa omega har mange målinger med blant annet muskelstyrke, muskelvolum, samt tester som muskelbiopsier, blodprøver, glukosetoleransetester og flere mål og kombinasjoner av styrketrening og omega 3 tilskudd. Hovedintervensjonen vil bli gjennomført i 3 perioder, 1) august 2019 - februar 2020, og 2) august 2020 – februar 2021 og august 2021- mars 2022, der målet skal være 30 personer med fedme og 30 normalvektige i hver periode. Hele prosjektet alfa omega vil vare helt til 2026.

Studiedesign

Studiedesignet er et randomisert kontrollert kollateralt design. Treningsintervensjon varte i 13 uker. Deltakerne ble rekruttert gjennom sykehuset innlandet (avdeling for fedme på Gjøvik), i aviser, reklameplakater, og sosiale medier. De aktuelle deltakerne vil bli innkalt til et infomøte der de får detaljert informasjon om studiet og muligheter for å stille spørsmål som de lurer på. Før deltakerne underskriver et samtykkeskjema for deltakelse vil alle deltakerne motta et infoskriv i tekstformat. Studien er godkjent av Regional Etisk Komite.

Uke: -2 -1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23



Figur 1. over viser tidslinjen til Alfa Omega studien. Test 1, 2, 3 og 4 (isometrisk styrke) og Test 2 og 4 MR av quadriceps..

Denne studien bruker perioden fra test 2 til test 4.

Utvalg

Totalt 46 friske utrente voksne, alder = $47,5 \pm 7,9$, bmi = $28,7 \pm 4,5$

Inklusjonskriterier

- Alder 30-60 år.
- BMI <30 eller >30
- Gjennomført både pre og post test av styrke og muskelvolum ved bruk av MR bilder av lårene, alder 30-60 år, ha gjennomført hele treningsintervensjonen.

Eksklusjonskriterier:

- BMI <30 eller >30
- Forstår ikke norsk
- Ustabil hjerte og karsykdom.
- Sykdom eller skade som er uegnet for tung styrketrening.
- Muskel og skjelettsykdom
- Brukt steroider siste 2 månedene.
- Mental sykdom
- Allergisk til lokalbedøvelse
- ikke gjennomført post test både av isometrisk peak torque og MR av quadriceps

Treningsprotokoll

Treningsintervensjonen går over 13 uker, der de 3 første ukene er en tilvenningsfase. Tilvenningsfasen består av en styrketest i uke 1, etterfulgt av 2 tilvenningsøkter i uke 2 der og en styrketest i uke 3.

Tilvenningsøktene er lik som øktene i hovedintervensjonen, men med en serie mindre. Hovedintervensjonen er en 10 ukers treningsperiode, der alle hadde en treningspause 1-2 uker i juleferien.

Treningsøvelsene for underkropp var beinpress, kneekstensjon og knefleksjon. Det ble også gjennomført trening på benkpress og 1 arms hantelroing. Treningsøktene begynte med ca 10 min rolig sykkel der intensitet er bestemt av deltaker, deretter oppvarming på øvelse 1 (beinpress) med 2x10 repetisjoner på 50% av 1RM på begge bein. Etter oppvarming gjennomføres 3*10 repetisjoner på det ene beinet og 3*30 repetisjoner på det andre beinet med 2 min pause mellom. I øvelse 2 og 3 (kneekstensjon og knefleksjon) gjennomføres det 3x10 på det ene beinet og 3x30 på det andre beinet uten oppvarmingsserier. Det er randomisert hvilket bein som trener hvilken protokoll. Det vil være naturlig med fremgang i løpet av treningsperioden så motstanden ble endret underveis i treningsperioden ved hjelp av subjektiv oppfattelse av anstrengelse fra både deltaker og øktleder, blir motstanden for lett tilføres ekstra vekt slik at motstanden blir stor nok for å oppnå utmattelse. Alle treningsøkter ble fulgt opp av en master eller bachelorstudent som er involvert i dette prosjektet, da vil det til enhver tid være en øktleder per person. Det er tilfeldig hvilken øktleder som har hvilken deltaker gjennom treningsperioden og det varierer fra økt til økt

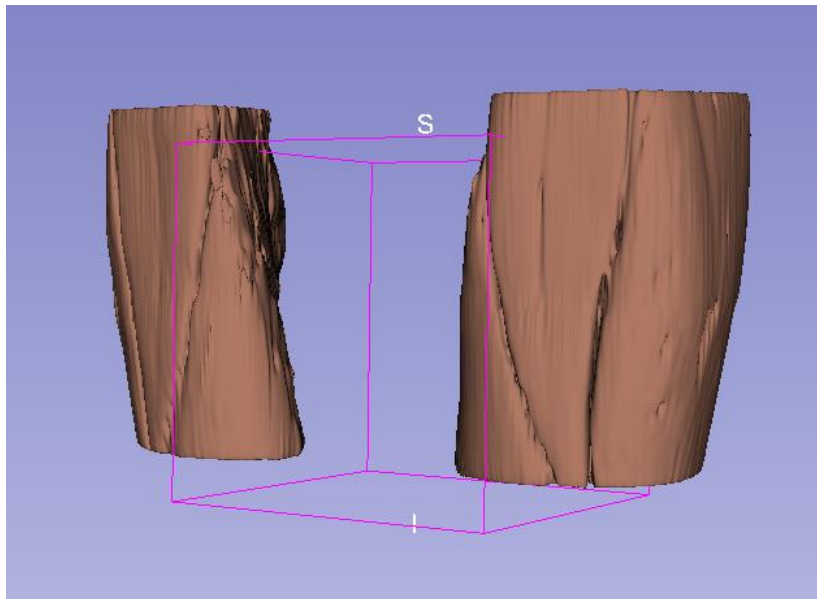
Målinger

Det ble gjort målinger av isometrisk styrke 5 ganger gjennom i denne studien, ved test 1(2 ganger), 2, 3 og 4. MR av låret ble tatt ved test 2 og test 4 de blir gjennomført på em MR maskin ved sykehuset Lillehammer. Muskelstyrke ble målt med isometrisk kneekstensjon ved 60° av kneleddet på en Humac Norm dynamometer (CSMi, Stoughton, Massachusetts, USA), testen begynner med å stille in stol etter individuelle tilpasninger slik at det blir likt hver gang. Festepunktet til dynamoteretarmen skal være parallell med rotasjonsaksen i kneet og ankelputa til armen på dynamometeret skal rett over ankelkulen, dette ble gjort ved første test.

Første del av testen er 2 forsøk av 3 spark på 60°/sek der første forsøk er oppvarming, andre del av testen er 2 forsøk av 3 spark på 240°/sek der første forsøk er oppvarming. Siste del av testen er 3 forsøk av 3 sekunder maks innsats ved 60° isometrisk der første forsøk er oppvarming. Under den isometriske testen sier testleder ifra når deltaker skal begynne presse og sier stopp etter ca 3 sekunder. Det blir brukt høy stemmebruk for å få deltaker til å gi maks innsats og holde maks innsats i 3 sekunder. Pausene mellom oppvarmingsforsøket til første test var 30sek, men pausen fra test til neste oppvarmingsrunde var 1min. Styrketestene ble gjennomført av 6 forskjellige masterstudenter.

Analyser

I analyser av MR bildene av quadriceps ble det brukt et analyseprogram som heter Slicer v. 4.11.2 (Slicer Community Revision, 2022.). Lengden på muskelen som ble analysert var 30% av lengde på femur fra trocantor major og 20% av lengde på femur fra kneskåla. Denne lengden var delt opp i 20 bilder per person der det på hvert enkelt bilde ble manuelt tegnet hvor quadriceps er og til slutt laget en 3D modell som måler muskelvolumet. Både muskulatur og fett/bindevev ble markert og skilles fra hverandre.



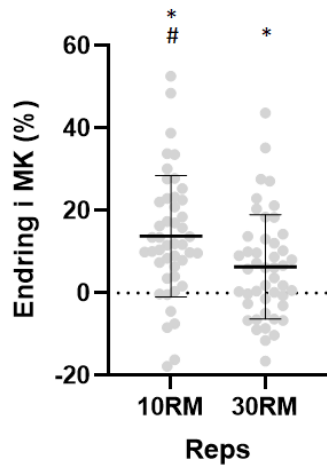
Figur 2. 3D bilde av quadriceps hentet ut fra Slicer.

Utrekning av muskelkvalitet er N / cm^3 av quadriceps. N ble regnet ut av peak torque fra dynamometer delt på lengden på armen på dynamometeret i meter.

Statistikk

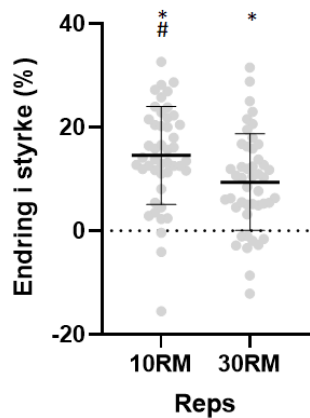
Det ble gjort parrede t-tester for å undersøke forskjeller i % endring fra pre til post innad i hver gruppe og mellom grupper. Det ble brukt en one-way ANOVA for å undersøke om det var forskjell i fremgang i absolutte verdiene mellom 10RM og 30RM. Analyseprogrammet Graph pad prism 9 (graphpad software inc, California, USA) ble brukt til statistiske analyser og figurer. Standardavvik (SD), utregning av muskelkvalitet, gjennomsnittlig endring i volum, styrke og muskelkvalitet er gjort på Microsoft excel. Verdier er oppgitt som gjennomsnitt \pm SD hvis ikke annet er spesifisert. Statistisk signifikans satt til $p < 0,05$.

Resultat



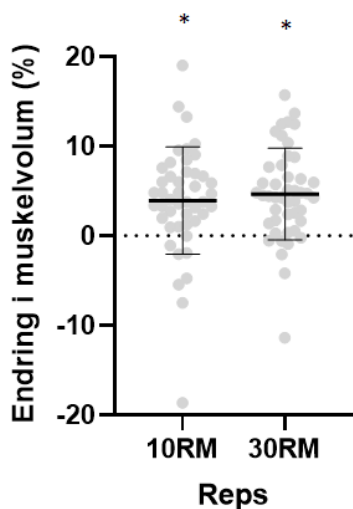
Figur 3. % endring i MK fra pre til post. $P=0,0004$, $N=47/47$, $*=P<0,05$. $\#$ =signifikant større endring en gruppe 30 RM.

Treningsintervensjonen førte til en signifikant økning i muskelkvalitet i begge grupper (10RM: $0,48 \pm 0,06$ N/cm³ til $0,55 \pm 0,08$ N/cm³ $p=0,001$; 30RM $0,49 \pm 0,08$ N/cm³ til $0,52 \pm 0,08$ N/cm³, $p=0,001$). Det var en signifikant forskjell i økning mellom 10RM og 30 RM ($p=0,001$, se figur 3).



Figur 4. % endring i styrke (N) fra pre til post. $N=47/47$. $*=$ signifikant endring pre-post. $\#$ =signifikant større økning pre-post en 30RM.

Muskelstyrken ved isometrisk kneekstensjon økte i begge grupper (10RM: $606,28 \pm 170$ N til 710 ± 192 N, $p=0,001$; 30RM: 610 ± 177 N til 673 ± 190 N, $p=0,001$) og økningen var større for 10RM enn 30 RM ($p=0,006$, se figur 4).



Figur 5. % endring i volum fra pre til post. N =47/47. *= signifikant endring pre-post.

Muskelvolumet økte i begge grupper (10RM: $1247 \pm 329 \text{ cm}^3$ til $1301 \pm 345 \text{ cm}^3$, $p=0.001$; 30RM: $1238 \pm 334 \text{ cm}^3$ til $1300 \pm 353 \text{ cm}^3$, $p=0.001$) og det var ikke noe signifikant forskjell for 10RM enn 30 RM ($p=0,379$, se figur 5).

Diskusjon

Treningsintervensjonen i denne studien medførte økt muskelkvalitet både med 30RM (6%) og med 10 RM (13%) styrketrening, fremgangen i muskelkvalitet ved bruk av 10RM var signifikant større 30RM. Treningsintervensjonen gav en signifikant fremgang i muskelstyrke i begge grupper, men var signifikant større i 10RM gruppa. Fremgangen i muskelmassen var lik mellom begge gruppene. Resultatene i denne studien bekrefter det majoriteten av studiene som er gjort på muskelkvalitet med en stor forbedring i muskelkvalitet med bruk av 10RM.

Funnene i denne studien samsvarer godt med tidligere forskning på muskelkvalitet med høy motstand. I studien til Van Roie et al., (2013) gjennomføres det en treningsintervensjon med 80-100 repetisjoner og det kommer frem at isometrisk styrke økte med 3,3% og en muskelvolumøkning på 2,4%. Grunnet differansen mellom styrke og volum er så liten kan det tenkes at muskelkvaliteten i treningsintervensjoner med bruk av over 80 repetisjoner gir en minimal fremgang eller ingen fremgang i muskelkvalitet hvis det testes som isometrisk styrke, da bruk av 1RM viser en vesentlig større fremgang. Undersøker man hovedfunnene i studiene til (Campos et al., 2002) og (Van Roie et al., 2013) er trenden at desto flere repetisjoner som blir gjennomført desto mindre vil muskelstyrken øke, og rundt 100 repetisjoner kan være en grense der muskelkvaliteten ikke øker lenger. Det er gjort lite forskning på dette, men på den andre

siden fant studien til Mitchell et al., (2012) at selv om forskjellen i styrkefremgangen var stor mellom 10RM og 25-30 RM med bruk av 1RM var det ingen forskjell mellom gruppene ved isometrisk styrke.

I metastudien til Schoenfeld et al., (2017) er det en oversikt over styrkefremgang ved bruk av 1RM og isometrisk styrke hvor det viser seg at det er en generell større fremgang i muskelstyrke ved bruk av 1RM kneekstensjon enn ved bruk av isometrisk styrke. De samme funnene gjorde Erskine et al., (2014) og vil da kunne finne en større fremgang i muskelkvalitet med bruk av 1RM. Det poengteres i litteraturen at en større fremgang i styrke ved bruk av isotonisk styrke (1RM) skyldes i størst grad nevralt faktorer (Sale, 1988), og at samarbeidet med synergister gjør 1RM til en kompleks øvelse (Rutherford & Jones, 1986). Det kommer tydelig frem i metastudien til Sale et al., (1988) at det er korrelasjon mellom økning i styrke og økning i EMG nivået av aktiverte motornevroner. Et annet argument for at nevralt tilpasninger spiller en stor rolle for styrke er at det er gjort studier der den ene armen ble trent og styrken økte i den trente armen. I den trente armen økte både EMG og hypertrofi og den økte styrken assosieres med begge disse forandringene, men også i den armen som ikke ble trent økte i styrke og her ble bare den økte styrken relatert til nevralt faktorer da hypertrofi var uendret. De nevralt tilpasningene er ofte større når det trenes i en bestemt bevegelsesbane og i startfasen av en treningsintervensjon (Häkkinen et al., 1985) og ved bruk av 1RM er det ofte en test av samme bevegelsesbane som treningsintervensjonen innehar. Det er funnet fremgang på muskelkvalitet allerede etter 6 ukers trening (Fragala et al., 2015) (Pinto et al., 2014), i disse studiene er det brukt 1RM på mål av styrke og fremgangen kan antas og skyldes i størst grad nevralt tilpasninger. I denne studien brukes det isometrisk styrke og det kan antas at endringene vi ser i muskelkvalitet i større grad er drevet av andre faktorer enn nevralt tilpasninger.

Studier som bruker volum av mager masse i beina, muskeltverrsnitt og muskeltykkelse, har ikke mulighet til å skille mellom muskel, intermuskulært fett og bindevev (Buckinx et al., 2018). Med bruk av mål som muskeltykkelse og muskeltverrsnitt måles muskelmassen på et visst punkt og kan med det ikke observere endringer i andre deler av muskelen. En endring i muskelkvalitet ved bruk av DXA og ultralyd, vil da ikke kunne med sikkerhet si at økt muskelmasse skyldes økt mengde muskler. I denne studien er både bindevev og fett innenfor quadriceps trukket fra totalt volum og dette betyr at de observerte endringene må skje i selve muskelcellene, extracellulært matrix, nevralt, eller en kombinasjon.

Når det gjennomføres styrketrening med 10RM er det mekaniske strekket på muskelen høyere enn ved bruk av 30RM, da dette bestemmes ut fra motstanden. Ut ifra funnene i denne studien antas det at det mekaniske strekket er det viktigste for fremgang på styrke og kan forklare forskjellen mellom gruppene i økt isometrisk styrke. Metabolsk stress sees på som den viktigste faktoren for muskelvekst (S. J. Pearson & Hussain, 2015) og det kan derfor antas at det forekommer metabolsk stress i begge grupper, da muskelveksten er lik mellom gruppene. Man kan lure på om kombinasjonen mellom mekanisk strekk og

metabolsk stress er det beste for styrkefremgang, men i studien til Campos et al., (2002) kom det frem at styrketrening med 3-5 RM ga en større styrkefremgang enn 9-11 RM og enda større fremgang enn 25 RM. Ved bruk av 3-5 repetisjoner er det minimalt med metabolsk stress, men et veldig høyt mekanisk strekk på grunn at den ytre motstanden er svært høy. Størst styrkefremgang ved 3-5 repetisjoner underbygger påstanden at høyt mekanisk strekk er den viktigste årsaken til styrkefremgang, selv om 10 RM har høyt strekk og metabolsk stress så gir 3-5 RM større styrkefremgang og antyder at metabolsk stress har lite betydning for muskelstyrke.

Hvilke faktorer kan forklare økningen i styrke

Det er en rekke faktorer som påvirker en forbedret muskelkvalitet. De treningsinduserte mekanismene for en forbedret muskelkvalitet er ifølge hovedfunnene i denne studien i større grad tilknyttet den økte styrken og i mindre grad muskelvolum. Det kommer frem i resultatet at den prosentvise isometriske styrken økte mer enn det dobbelte av muskelvolumet. Det er interessant at det er ofte sammenheng mellom styrke og muskelmasse (Ikai & Fukunaga, 1968), men det er ikke nødvendigvis sammenheng mellom økning i styrke og økning i muskelmasse med $r=0,5$ (Erskine et al., 2014) og $r=0,06$ (Loenneke et al., 2017), korrelasjonen mellom økningen i styrke og økningen i muskelvolum var i denne studien $R=0,09$. En økning i muskelmasse ser derfor ut til å forklare en relativt liten del av den totale økningen i styrke. Skyldes det økte muskelvolumet et større muskeltverrsnitt som et resultat av flere kontraktile elementer, da kan den observerte økningen i muskelvolum forklare en liten del den observerte økningen i styrke (D'Antona et al., 2003). Muskelens arkitektur kan også være en faktor. En økt pennasjonsvinkel vil også kunne føre til et økt muskeltverrsnitt, men økt pennasjonsvinkel vil også kunne gi økt styrke uten at det endrer det anatomiske muskeltverrsnittet og muskelvolumet (Aagaard et al., 2001b) og kan forklare en økt styrke utover økningen i muskelvolum.

Det er tydelige tegn i denne studien og annen litteratur at muskelkvalitet på hele muskelen øker, men i en studie av Erskine et al., (2011) kommer det frem at det ble ikke funnet en fremgang i muskelkvalitet på en enkelt muskelfiber, selv om kvaliteten på hele muskelen økte. Det er ikke funnet andre studier som undersøker muskelkvalitet på enkeltfibre, men Dankel et al., (2019) har en metastudie som samler flere artikler som har undersøkt økning i isometrisk styrke og muskelvolum, da viser det seg at trenden i litteraturen er at den relative økningen i styrke og volum er lik hele muskelen og i hver enkelt muskelfiber. Noe annet som kommer frem av metastudien til Dankel et al., (2019) som er interessant er at med bruk av 1RM (isotonisk styrke) økte alle fibertypene mer i styrke relativt til muskelvolumet enn med isometrisk styrke. Styrkefremgangen i hele muskelen var over dobbelt så høy som fremgangen i en enkelt muskelfiber med isotonisk styrketest.

Et funn i meta studien til Dankel et al., (2019) som utmerket seg var at type 1 muskelfibrene økte mer i styrke relativt til volum, men det ble ikke observert i type 2 fibre. Gjennomsnittlig økning i styrke var lik mellom type 1 og type 2a fibre, men type 2x har en større prosentvis økning, type 2x fibre øker også mest i volum, men type 2 hadde også stor volumøkning (Dankel et al., 2019). Muskelfibertype 1 skiller seg ut med en veldig liten muskelvolumsøkning i forhold til type 2a og 2x (Dankel et al., 2019). Trenden i litteraturen er at det er nedgang i type 2x og økning i type 2a og type 1 fibre etter styrketrening. Det kan da tenkes ut ifra resultatet av studiene til Erskine et al., (2011) og Dankel et al., (2019) at det er en endring i muskelfibersammensetning kan være en brikke for å forklare en større økning i styrke enn volum, da som nedgang i muskelfibertype 2X og økning i type 1 som de mest interessante argumentene, da det i meta studien til Dankel et al., (2019) diskuteres at det kan tenkes at det er noen iboende egenskaper til type 1 muskelfiberen som er avgjørende for økning styrke relativt til volum, som et resultat av endring i muskeltypesammensetningen. Forfatterne i den metastudien poengterer at forskningen på dette feltet er svak og det burde ikke konkluderes ut ifra dagens forskning.

En annen faktor som også kan påvirke en økt styrke er forholdet mellom aktivering av agonister og antagonist. Agonister er den arbeidende muskelen og antagonist er muskel som ofte jobber imot/bremser øvelsen. Studier av Häkkinen et al., 1998 og av Tillin et al., (2011) kommer frem til at styrketrening kan øke aktiveringen i agonisten og senke aktivering i antagonist. Mindre aktivering av antagonist eller større coaktivering vil den i mindre grad bremse eller hindre agonisten til å utføre sitt hovedarbeid.

Tidligere forskning antyder at nevralfaktorer påvirker i mindre grad en fremgang i isometrisk styrke, og at fremgang i isometrisk styrke er i større grad knyttet til muskulære forandringer. Faktorer som pennasjonsvinkel, muskelfibertypesammensetning og agonist-antagonist aktivering har vist seg kan forklare en større fremgang i isometrisk styrke relativt til muskelvolum, men uklart i hvor stor grad. Ut ifra utsagnet hvorvidt muskulære forandringer er hovedgrunnen til økt isometrisk styrke, kan det også antas at nevralfaktorer spiller en sentral rolle for isometrisk styrke, da de nevnte endringene av muskulære faktorer også forekommer ved bruk av 1RM. Det kan også antas at de ulike faktorene utenom muskeltverrsnittet som skyldes fremgang styrke knyttes i stor grad til høyt mekanisk strekk.

Metodiske betraktninger

Det er utfordrende å skulle konkludere årsaken til fremgang i muskelkvalitet. Det er gjort en del studier som viser tydelig at det er store effekter på muskelkvalitet med styrketrening, selv om målemetodene er tidvis svake og det er gjort stort sett på eldre individer. Det er flere studier som bruker både økning i styrke og økning i volum og kan brukes til å anta en mulig endring i muskelkvalitet, både på yngre og eldre friske individer. Det skal poengteres at studiene på godt trente individer er det få av.

I litteraturen som undersøker muskelkvalitet eller både har styrke og volum som mål er det mange forskjellige målemetoder som DXA, ultralyd av muskeltykkelse og muskeltverrsnitt og mest brukt 1RM som mål på styrke, dette kombinert med lite utvalg gjør at det direkte sammenligningsgrunnlaget til denne studien er en utfordring.

Bruk av MR og CT er gullstandarder for å måle muskelmassen, men selv ved bruk av MR kan være potensielle feilkilder da enkelte velger bruker quadriceps i sin helhet og ikke fjerne bindevev og fett.

Metodiske styrker: Bruk av MR som målemetode for muskelmasse er regnet som en gullstandard og er en stor styrke i denne studien. Et så høyt antall deltakere som er bruk i denne studien er sjeldent å finne i styrketreningsforskningen, spesielt med tanke på omfattende og avanserte tester og treningsprotokoller. At styrketestene ble gjennomført 2 ganger før det gjeldene forsøket styrker resultatet da læringseffektene av øvelsene blir mindre. Alle styrkeøkter ble fulgt opp av en utdannet personlig trener (bachelor eller masterstudent) som gjør at kvaliteten på treningene sannsynligvis blir god.

Metodiske svakheter: Selv om bruk av MR som mål av muskelvolum er den beste metoden er det fremdeles mange fallgruver og potensielle feilkilder ved arbeidet med analysene av MR bildene. Dette gjøre manuelt av mennesker og det er utfordrende å få det 100% likt. På grunn av at det er forskjellig øktleder til hver deltaker på hver økt kan det være forskjeller i hvor hardt denne personen har trent.

Videre forskning

Fremtidig forskning bør undersøke om det fremkommer samme effekter av få og mange repetisjoner på trente individer og kanskje over en lengre tidsperiode. Tidligere i denne studien kommer det frem at det sannsynlig er forskjellen i mekanisk strekk som er utslagsgivende for forskjellen i økt styrke mellom høy og lav motstandstrening. En tanke når det er godt trente individer som skal gjennomføre 30RM er at disse individene er så sterke at selv om belastningen er under 50% av RM så kan antall kilo være så høy at det kan gi tilstrekkelig mekanisk strekk og at det gir mindre utslag på en eventuell forskjell fra 10RM

Schoenfeld et al., (2015) gjennomførte en studie som finner ut at også godt trente utøvere får signifikant bedre styrke i knebøy (1RM) ved bruk av 10RM kontra 30RM, men økningen i muskelmasse var lik

mellom gruppene, det skal nevnes at det er mange øvelser og store mengder gjennomført, da dette kanskje må til for å se forandringer i godt trente individer.

Resultatene fra denne studien kan brukes til rådgiving av styrketrening. For best mulig effekter på både styrke, muskelmasse og muskelkvalitet som er den viktigste prediktoren for god helse kan det anbefales rundt 10RM, ved skade eller syke/gamle mennesker kan mange repetisjoner også være et godt alternativ da det gir mindre mekanisk strekk og mindre utsatt for skader, samtidig som det også gir gode effekter på både styrke og muskelmasse.

Konklusjon

13 ukers styrketrening gav en 13 % økning i muskelkvalitet ved bruk av høy motstand og var signifikant større enn lav motstand (6%). Styrketreningen gav en økning i både muskelvolum og muskelstyrke i begge grupper, men fremgangen i isometrisk styrke var større i gruppa med høy motstand.

Referanser

- Aagaard, P., Andersen, J. L., Dyhre-Poulsen, P., Leffers, A.-M., Wagner, A., Magnusson, S. P., Halkjær-Kristensen, J., & Simonsen, E. B. (2001a). A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: Changes in muscle architecture. *The Journal of Physiology*, 534(Pt 2), 613–623. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00613.x>
- Aagaard, P., Andersen, J. L., Dyhre-Poulsen, P., Leffers, A.-M., Wagner, A., Magnusson, S. P., Halkjær-Kristensen, J., & Simonsen, E. B. (2001b). A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: Changes in muscle architecture. *The Journal of Physiology*, 534(Pt 2), 613–623. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00613.x>
- Barbat-Artigas, S., Rolland, Y., Zamboni, M., & Aubertin-Leheudre, M. (2012). How to assess functional status: A new muscle quality index. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 16(1), 67–77. <https://doi.org/10.1007/s12603-012-0004-5>
- Buckinx, F., Landi, F., Cesari, M., Fielding, R. A., Visser, M., Engelke, K., Maggi, S., Dennison, E., Al-Daghri, N. M., Allepaerts, S., Bauer, J., Bautmans, I., Brandi, M. L., Bruyère, O., Cederholm, T., Cerreta, F., Cherubini, A., Cooper, C., Cruz-Jentoft, A., ... Kanis, J. A. (2018). Pitfalls in the measurement of muscle mass: A need for a reference standard. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 9(2), 269–278. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12268>
- Campos, G., Luecke, T., Wendeln, H., Toma, K., Hagerman, F., Murray, T., Ragg, K., Ratamess, N., Kraemer, W., & Staron, R. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: Specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 88(1–2), 50–60. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0681-6>
- CHILES SHAFFER, N., FABBRI, E., FERRUCCI, L., SHARDELL, M., SIMONSICK, E. M., & STUDENSKI, S. (2017). MUSCLE QUALITY, STRENGTH, AND LOWER EXTREMITY PHYSICAL PERFORMANCE IN THE BALTIMORE LONGITUDINAL STUDY OF AGING. *The Journal of Frailty & Aging*, 6(4), 183–187. <https://doi.org/10.14283/jfa.2017.24>
- Correa-de-Araujo, R., Addison, O., Miljkovic, I., Goodpaster, B. H., Bergman, B. C., Clark, R. V., Elena, J. W., Esser, K. A., Ferrucci, L., Harris-Love, M. O., Kritchevsky, S. B., Lorbergs, A., Shepherd, J. A., Shulman, G. I., & Rosen, C. J. (2020). Myosteatosis in the Context of Skeletal Muscle Function

- Deficit: An Interdisciplinary Workshop at the National Institute on Aging. *Frontiers in Physiology*, 11. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2020.00963>
- Dankel, S. J., Kang, M., Abe, T., & Loenneke, J. P. (2019). Resistance training induced changes in strength and specific force at the fiber and whole muscle level: A meta-analysis. *European Journal of Applied Physiology*, 119(1), 265–278. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-4022-9>
- D'Antona, G., Pellegrino, M. A., Adami, R., Rossi, R., Carlizzi, C. N., Canepari, M., Saltin, B., & Bottinelli, R. (2003). The effect of ageing and immobilization on structure and function of human skeletal muscle fibres. *The Journal of Physiology*, 552(Pt 2), 499–511. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2003.046276>
- 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(6), 1239–1249. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2855-4>
- Erskine, R. M., Jones, D. A., Maffulli, N., Williams, A. G., Stewart, C. E., & Degens, H. (2011). What causes in vivo muscle specific tension to increase following resistance training? *Experimental Physiology*, 96(2), 145–155. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2010.053975>
- Ferrari, R., Fuchs, S. C., Krueel, L. F. M., Cadore, E. L., Alberton, C. L., Pinto, R. S., Radaelli, R., Schoenell, M., Izquierdo, M., Tanaka, H., & Umpierre, D. (2016). Effects of Different Concurrent Resistance and Aerobic Training Frequencies on Muscle Power and Muscle Quality in Trained Elderly Men: A Randomized Clinical Trial. *Aging and Disease*, 7(6), 697–704. <https://doi.org/10.14336/AD.2016.0504>
- Fragala, M. S., Kenny, A. M., & Kuchel, G. A. (2015). Muscle quality in aging: A multi-dimensional approach to muscle functioning with applications for treatment. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(5), 641–658. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0305-z>
- Frontera, W. R., & Ochala, J. (2015). Skeletal Muscle: A Brief Review of Structure and Function. *Calcified Tissue International*, 96(3), 183–195. <https://doi.org/10.1007/s00223-014-9915-y>
- Goldspink, G. (1999). Changes in muscle mass and phenotype and the expression of autocrine and systemic growth factors by muscle in response to stretch and overload. *The Journal of Anatomy*, 194(3), 323–334. <https://doi.org/10.1046/j.1469-7580.1999.19430323.x>
- Häkkinen, K., Alén, M., & Komi, P. V. (1985). Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiologica Scandinavica*, 125(4), 573–585. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1985.tb07759.x>

- Häkkinen, K., Kallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Lassila, H., Mälkiä, E., Kraemer, W. J., Newton, R. U., & Alen, M. (1998). Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, *84*(4), 1341–1349. <https://doi.org/10.1152/jappl.1998.84.4.1341>
- Hunter, G. R., McCarthy, J. P., & Bamman, M. M. (2004). Effects of Resistance Training on Older Adults. *Sports Medicine*, *34*(5), 329–348. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434050-00005>
- Ibañez, J., Izquierdo, M., Argüelles, I., Forga, L., Larrión, J. L., García-Unciti, M., Idoate, F., & Gorostiaga, E. M. (2005). Twice-weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves insulin sensitivity in older men with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, *28*(3), 662–667. <https://doi.org/10.2337/diacare.28.3.662>
- Ikai, M., & Fukunaga, T. (1968). *Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement*. 7.
- Ivey, F. M., Tracy, B. L., Lemmer, J. T., NessAiver, M., Metter, E. J., Fozard, J. L., & Hurley, B. F. (2000). Effects of Strength Training and Detraining on Muscle Quality: Age and Gender Comparisons. *The Journals of Gerontology: Series A*, *55*(3), B152–B157. <https://doi.org/10.1093/gerona/55.3.B152>
- Jones, S. M. (2020). *Quality and Grading of Carcasses of Meat Animals*. CRC Press.
- Kawakami, Y., Abe, T., Kuno, S.-Y., & Fukunaga, T. (1995). Training-induced changes in muscle architecture and specific tension. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *72*(1), 37–43. <https://doi.org/10.1007/BF00964112>
- Kroemer, K. H. E. (1986). Human Muscle Strength: Definition, Generation and Measurement. *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, *30*(10), 977–981. <https://doi.org/10.1177/154193128603001007>
- Krzysztofik, M., Wilk, M., Wojdała, G., & Gołaś, A. (2019). Maximizing Muscle Hypertrophy: A Systematic Review of Advanced Resistance Training Techniques and Methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(24), 4897. <https://doi.org/10.3390/ijerph16244897>
- Linge, J., Petersson, M., Forsgren, M. F., Sanyal, A. J., & Dahlqvist Leinhard, O. (2021). Adverse muscle composition predicts all-cause mortality in the UK Biobank imaging study. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, *12*(6), 1513–1526. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12834>
- Loenneke, J. P., Rossow, L. M., Fabs, 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>
- Maganaris, C. N., Baltzopoulos, V., Ball, D., & Sargeant, A. J. (2001). In vivo specific tension of human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 90(3), 865–872.
<https://doi.org/10.1152/jappl.2001.90.3.865>
- Marcus, R. L., Addison, O., Kidde, J. P., Dibble, L. E., & Lastayo, P. C. (2010a). Skeletal muscle fat infiltration: Impact of age, inactivity, and exercise. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 14(5), 362–366. <https://doi.org/10.1007/s12603-010-0081-2>
- Marcus, R. L., Addison, O., Kidde, J. P., Dibble, L. E., & Lastayo, P. C. (2010b). Skeletal muscle fat infiltration: Impact of age, inactivity, and exercise. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 14(5), 362–366. <https://doi.org/10.1007/s12603-010-0081-2>
- Metter, E. J., Lynch, N., Conwit, R., Lindle, R., Tobin, J., & Hurley, B. (1999). Muscle quality and age: Cross-sectional and longitudinal comparisons. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 54(5), B207–218. <https://doi.org/10.1093/gerona/54.5.b207>
- Mitchell, C. J., Churchward-Venne, T. A., West, D. W. D., Burd, N. A., Breen, L., Baker, S. K., & Phillips, S. M. (2012). Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *Journal of Applied Physiology*, 113(1), 71–77.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00307.2012>
- Nicholson, G., Mcloughlin, G., Bissas, A., & Ispoglou, T. (2014). Do the Acute Biochemical and Neuromuscular Responses Justify the Classification of Strength- and Hypertrophy-Type Resistance Exercise? *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(11), 3188–3199.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000519>
- Pearson, A. M. (1990). Muscle growth and exercise. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 29(3), 167–196. <https://doi.org/10.1080/10408399009527522>
- Pearson, S. J., & Hussain, S. R. (2015). A Review on the Mechanisms of Blood-Flow Restriction Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy. *Sports Medicine*, 45(2), 187–200.
<https://doi.org/10.1007/s40279-014-0264-9>
- Pedersen, B. K., Akerström, T. C. A., Nielsen, A. R., & Fischer, C. P. (2007). Role of myokines in exercise and metabolism. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 103(3), 1093–1098.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00080.2007>

- Pinto, R. S., Correa, C. S., Radaelli, R., Cadore, E. L., Brown, L. E., & Bottaro, M. (2014). Short-term strength training improves muscle quality and functional capacity of elderly women. *AGE*, *36*(1), 365–372. <https://doi.org/10.1007/s11357-013-9567-2>
- Pratley, R., Nicklas, B., Rubin, M., Miller, J., Smith, A., Smith, M., Hurley, B., & Goldberg, A. (1994). Strength training increases resting metabolic rate and norepinephrine levels in healthy 50- to 65-yr-old men. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, *76*(1), 133–137. <https://doi.org/10.1152/jappl.1994.76.1.133>
- Rutherford, O. M., & Jones, D. A. (1986). The role of learning and coordination in strength training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *55*(1), 100–105. <https://doi.org/10.1007/BF00422902>
- Sale, D. G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *20*(5 Suppl), S135-145. <https://doi.org/10.1249/00005768-198810001-00009>
- Schiaffino, S., & Reggiani, C. (2011). Fiber Types in Mammalian Skeletal Muscles. *Physiological Reviews*, *91*(4), 1447–1531. <https://doi.org/10.1152/physrev.00031.2010>
- Schoenfeld, B. J., Wilson, J. M., Lowery, R. P., & Krieger, J. W. (2016). Muscular adaptations in low- versus high-load resistance training: A meta-analysis. *European Journal of Sport Science*, *16*(1), 1–10. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.989922>
- Snodgrass, S. J., de Zoete, R. M. J., Croker, C., Yerrapothu, M., & Elliott, J. M. (2019). Reliability of cervical muscle volume quantification using magnetic resonance imaging. *Musculoskeletal Science & Practice*, *44*, 102056. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2019.102056>
- Timmons, J. A. (2011). Variability in training-induced skeletal muscle adaptation. *Journal of Applied Physiology*, *110*(3), 846–853. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00934.2010>
- Tracy, B. L., Ivey, F. M., Hurlbut, D., Martel, G. F., Lemmer, J. T., Siegel, E. L., Metter, E. J., Fozard, J. L., Fleg, J. L., & Hurley, B. F. (1999). Muscle quality. II. Effects Of strength training in 65- to 75-yr-old men and women. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, *86*(1), 195–201. <https://doi.org/10.1152/jappl.1999.86.1.195>
- Van Roie, E., Delecluse, C., Coudyzer, W., Boonen, S., & Bautmans, I. (2013). Strength training at high versus low external resistance in older adults: Effects on muscle volume, muscle strength, and force–velocity characteristics. *Experimental Gerontology*, *48*(11), 1351–1361. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2013.08.010>

- Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomeé, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 37(3), 225–264. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00004>
- You, T., Arsenis, N. C., Disanzo, B. L., & Lamonte, M. J. (2013). Effects of exercise training on chronic inflammation in obesity: Current evidence and potential mechanisms. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 43(4), 243–256. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0023-3>

Vedlegg



Høgskolen i Innlandet

Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet

ALFA OG OMEGA I LIVSSTILSTERAPI

- STYRKETRENING OG OMEGA-3 SUPPLEMENTERING FOR FORBEDRET HELSE OG MUSKELFUNKSJON 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 livsstilsterapi 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

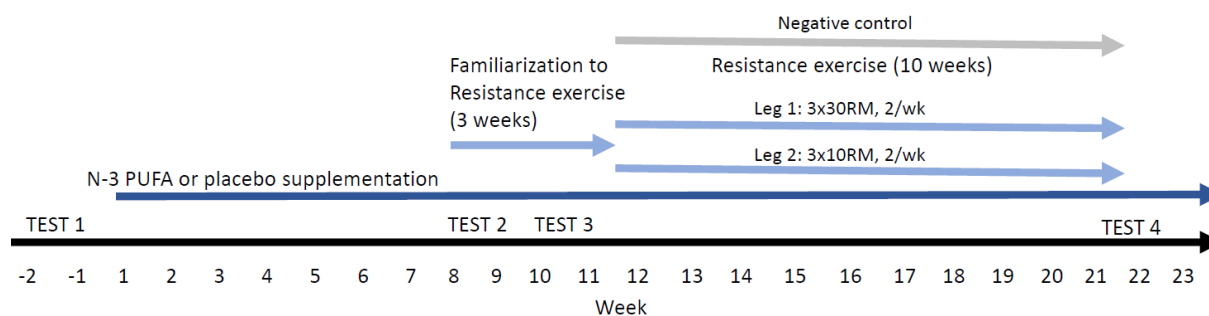
Intervensjonsgruppe	Referansegruppe
<ul style="list-style-type: none">• Styrketester i beinpress og kneekstensjon (2xT1, 2xT2, T3, T4)• Utholdenhetstester<ul style="list-style-type: none">○ 6 minutters step test (TEST 1, 2, 4)○ Sykketest på ett bein (TEST 2, 4)• Måling av kroppssammensetning med DXA-scan (TEST 1, 2, 3, 4)• Måling av muskeltverrsnittareal 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 glukosetoleranasetest (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)	<ul style="list-style-type: none">• Styrketester i beinpress og kneekstensjon (2xTEST2, TEST4)• Måling av kroppssammensetning med DXA-scan (TEST 2, 4)• Måling av midjeomkrets (TEST1, 2, 4)• Oral glukosetoleranasetest (TEST 2, 4)• Blodprøver (TEST 2, 4)• Biopsier (TEST 2, 4)• Spørreskjema om helse, muskel- og skjellet-plager (TEST 2, 4)• Kostregistreings skjema (TEST 2, 4)

<ul style="list-style-type: none"> • Spørreskjema om helse, muskel- og skjellet-plager (TEST 1, 2, 4) • Kostregistreringsskjema (TEST 1, 2, 4) • Avføringsprøver (TEST 1, 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 gjenkjenner 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 gjenkjenne 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.....