

**Høgskolen  
i Innlandet**

Institutt for folkehelse- og idrettsvitenskap

**Ingvild Kåshagen**

**Masteroppgave**

**Individuelle responser på muskelstyrke og  
muskelvekst etter 13 uker styrketrening hos utrente  
individer**

**Master i treningsfysiologi 2022**

## **Forord**

Denne masteroppgaven er skrevet i forbindelse med forskningsprosjektet «Alpha and Omega og lifestyle therapy» ved Høgskolen i Innlandet, campus Lillehammer.

Jeg ønsker å takke for at jeg har fått være med på Alfa og Omega, det har vært kjekt å være en del av dette prosjektet og jeg har lært utrolig mye. Jeg vil rette en stor takk til veileder Håvard Hamarsland for all hjelp med oppgaven. Du har også alltid har tatt deg tid til å svare på spørsmål, hatt en positiv innstilling, og kommet med gode råd og veiledning underveis i både skriveprosessen og gjennomføringen av prosjektet.

Jeg vil også rette en stor takk til alle forsøkspersonene som har deltatt i studien, som har vært en glede å samarbeide med!

Ingvild Kåshagen

Bergen/ Lillehammer, 2022

# Sammendrag

**Introduksjon:** Muskelstyrke og muskelvekst er viktig i både ett helse, - og prestasjonsperspektiv, og det er stor variasjon i individuell respons til styrketrening. Oppgavens mål er å undersøke den individuelle variasjonen i respons til styrketrening i form av muskelstyrke, - og vekst, etter trening med henholdsvis 10 RM og 30 RM etter 13 uker med styrketrening, samt mulig sammenheng med kjønn, alder, KMI og eksplosivitet.

**Metode:** 86 utrente menn og kvinner mellom 30-60 år er inkludert i denne studien. Forsøkspersonene trente unilateral styrketrening i 13 uker (20-21 økter totalt). Det ene beinet trente 3x10 RM og det andre 3x30 RM, til utmattelse. Pre, - og post test fra isometrisk styrketest (0°) og eksplosiv isokinetisk test (240°) i HUMAC er brukt som mål på muskelstyrke. Pre, - og post test fra DXA scann er brukt som mål på muskelvekst.

**Resultater:** Forsøkspersonene responderte på gruppenivå med økt muskelstyrke, - og vekst etter både 10 RM og 30 RM, uten signifikant forskjell mellom kjønn eller sammenheng med alder. Trening med 10 RM gav en signifikant større økning i muskelstyrke enn 30 RM ( $p < 0,001$ ). Det var en signifikant sammenheng mellom muskelvekst og muskelstyrke og 30 RM ( $p = 0,014$ ). Flest forsøkspersoner økte muskelstyrke og/ eller muskelvekst etter begge treningsprotokollene, mens enkelte responderte kun på en, eller ingen, av treningsprotokollene. Det var en signifikant sammenheng mellom økende KMI og redusert effekt av styrketrening på muskelstyrke (10 RM:  $p = 0,03$ , 30 RM:  $p = 0,001$ ) og muskelvekst (10RM:  $p = 0,048$ , 30 RM  $p = 0,005$ ). Resultatene viser en signifikant sammenheng mellom grad av eksplosivitet og respons på muskelstyrke etter trening med 10 RM ( $p = 0,028$ ).

**Konklusjon:** 10 RM gir høyere effekt på muskelstyrke og muskelvekst enn 30 RM på gruppenivå, men på individnivå er det store variasjoner av respons, samt hvilken treningsform som gav best effekt. Personer med høy KMI har redusert effekt av styrketrening, mens eksplosivitet hadde signifikant sammenheng med økt effekt på muskelstyrke etter trening med 10 RM.

# Innholdsfortegnelse

<b><u>1.0 TEORI.....</u></b>	<b><u>5</u></b>
1.1 STYRKETRENING .....	5
1.2 EFFEKT AV STYRKETRENING PÅ MUSKELSTYRKE .....	6
1.3 EFFEKT AV STYRKETRENING PÅ MUSKELVEKST .....	7
1.4 HVA PÅVIRKER RESPONS PÅ STYRKETRENING? .....	9
1.5 INDIVIDUELLE FORSKJELLER I RESPONS PÅ STYRKETRENING .....	11
<b><u>2.0 INTRODUKSJON .....</u></b>	<b><u>15</u></b>
<b><u>3.0 METODE .....</u></b>	<b><u>17</u></b>
3.1 DELTAGERE OG STUDIEDESIGN.....	17
3.2 TRENINGSENTREVENSJON .....	19
3.3 MÅLEMETODER FOR MUSKELSTYRKE OG MUSKELVEKST.....	20
3.3.1 MUSKELSTYRKE.....	20
3.3.2 MAGER MASSE .....	21
3.4 DATA OG STATISTIKK .....	21
3.5 ETISKE VURDERINGER .....	23
<b><u>4.0 RESULTATER .....</u></b>	<b><u>24</u></b>
4.1 MUSKELSTYRKE .....	24
4.2 MUSKELVEKST .....	25
4.3 SAMMENHENG MELLOM MUSKELSTYRKE OG MUSKELVEKST .....	26
4.4 KJØNN .....	26
4.5 ALDER .....	27
4.6 KMI .....	27
4.7 EKSPLOSIVITET .....	28
<b><u>5.0 DISKUSJON .....</u></b>	<b><u>30</u></b>

<b>5.1 RESPONS PÅ MUSKELSTYRKE OG MUSKELVEKST .....</b>	<b>30</b>
<b>5.2 KJØNN OG ALDER .....</b>	<b>33</b>
<b>5.3 KMI .....</b>	<b>34</b>
<b>5.4 EKSPLOSIVITET .....</b>	<b>34</b>
<b>5.5 STYRKER OG SVAKHETER VED STUDIEN .....</b>	<b>35</b>
<b><u>6.0 KONKLUSJON .....</u></b>	<b><u>36</u></b>
<b><u>7.0 REFERANSELISTE .....</u></b>	<b><u>37</u></b>
<b><u>7. VEDLEGG .....</u></b>	<b><u>43</u></b>

# 1.0 Teori

Styrketrening har tradisjonelt sett vært praktisert av idrettsutøvere med mål om å øke fysisk prestasjonsevne (Kraemer & Ratamess, 2004). I dag anbefaler Helsedirektoratet styrketrening for den allmenne befolkningen som et viktig helsefremmende tiltak (Bahr, 2009; Helsedirektoratet, 2022). Det er knyttet en rekke positive helseeffekter til styrketrening; reversert tap av muskelmasse, økt hvilemetabolisme, nedgang i kroppsfett, økning mager masse, bedret fysisk form og funksjon, forbedret kardiovaskulær helse, forebygging av diabetes type 2, økt beinmineralitetthet og forbedre mental helse (Bahr, 2009; Westcott, 2012; Wolfe, 2006). På gruppenivå er effekten av styrketrening god, og man kan forvente en økning i både muskelmasse og muskelstyrke (Ahtiainen et al., 2016). Selv om forskningen generelt viser god respons på muskelvekst og muskelstyrke etter en periode med styrketrening (Ahtiainen et al., 2016), er det stor variasjon i respons på individnivå, og enkelte ser ut til å ha betydelig større eller liten effekt av styrketrening. Disse individene omtales henholdsvis som respondere og non-respondere (Damas et al., 2015; Hubal et al., 2005; M. D. Roberts et al., 2018). En større forståelse av ulik respons mellom individer kan være et steg i retning av å kunne optimalisere treningsrespons for flere.

## 1.1 Styrketrening

Styrketrening defineres som «all trening som er ment å utvikle eller vedlikeholde vår evne til å skape størst mulig kraft (eller dreiemoment) ved en spesifikk eller forutbestemt hastighet» (Raastad et al., 2010, s.13). Treningsvolumet kan manipuleres med antall repetisjoner, antall sett, antall øvelser, hyppighet på treningen, pause mellom sett og intensitet i forhold til RM (Ratamess et al., 2009; Raastad et al., 2010). Helsedirektoratet anbefaler i dag den norske befolkningen å ha 2 økter i uken med styrketrening, minst en økt med 8-10 øvelser og en intensitet på 75% av 1RM, 8-12 repetisjoner (Bahr, 2009; Helsedirektoratet, 2022). Effekten av styrketreningen måles ofte som en økning i muskelvolum eller muskelmasse (muskelens tverrsnittareal) og muskelstyrke (Raastad et al., 2010).

## 1.2 Effekt av styrketrening på muskelstyrke

Muskelstyrke kan defineres som «den maksimale kraften eller det dreiemomentet en muskel eller muskelgruppe kan skape ved en spesifikk eller forutbestemt hastighet» (Raastad et al., 2010, s.13). Den maksimale muskelstyrken er «den største kraften vi klarer å utvikle ved langsomme bevegelser (eksentrisk og konsentrisk) eller isometriske muskelaksjoner. «Eksplisiv styrke er evnen til å oppnå størst mulig kraft hurtig» og kan for eksempel måles som kraft ved en gitt vinkelhastighet» (Raastad et al., 2010, s.13). Innad i selve skjelettmuskulaturen vil muskelstyrken påvirkes av fibertypesammensetning, konsentrasjon av kontraktile proteiner, tverrsnittareal og muskellengde (Raastad et al., 2010). Endringer i muskelstyrke etter styrketrening påvirkes ved blant annet å effektivisere nevralfunksjon (teknikk, fyringsfrekvens, koordinering av muskler), økt rekruttering av muskelfibre, økt tverrsnittareal, optimalisering av muskelfibrenes arkitektur og lengdeendring av muskelfasikler (Ratamess et al., 2009; Raastad et al., 2010). Muskulaturen kan deles i tre fibertyper, I, IIa, IIx. Type I fibre er langsomme og utholdende fibre, mens type IIa og IIx er mer eksplosive og mindre utholdende fibre. Type II fibre ser ut til å ha større potensiale for kraftutvikling, spesielt ved økende hastighet, og hypertrofi (Andersen & Aagaard, 2010).

For å øke maksimal muskelstyrke er trening med lavt volum og høy intensitet 3-6 RM, assosiert med større økning i muskelstyrke sammenlignet med høyt volum og belastning under 70% av 1 RM (Gonzales, 2016). Utrente personer har ofte har effekt av styrketrening i flere former, for eksempel som generell styrketrening, 60-70% av 1 RM med 8-12 repetisjoner (Ratamess et al., 2009). Etter hvert vil det være gunstig å øke belastningen over 80% av 1 RM og redusere antall repetisjoner til 3-5, da personer med mye erfaring med styrketrening ofte krever mer spesifikk trening for å få effekt på muskelstyrke (Ratamess et al., 2009). Hos utrente vil man kunne forvente en økning av muskelstyrke på ca. 1% pr økt (Hughes et al., 2018; Raastad et al., 2010). Ved oppstart av styrketrening vil nevralfunksjoner bidra til en økning i styrke sammen med innlæring av øvelsen, spesielt ved trening med høy belastning (over 80% av 1 RM) (Jenkins et al., 2017). Som regel er disse spesielt viktige i starten, da økningen i styrke pr økt (1%) samsvarer mindre med økningen i tverrsnittareal i aktuelle muskelgrupper (0,1-0,5% pr økt) (Hughes et al., 2018; Raastad et al., 2010, s. 64-65). Korrelasjonen mellom endringer i muskelvekst og muskelstyrke etter

styrketrening er omdiskutert, og det debatteres i hvor stor grad muskelstyrke er avhengig av muskelvekst (Buckner et al., 2016; Loenneke et al., 2019; Ratamess et al., 2009; Taber et al., 2019; Vigotsky et al., 2018).

### 1.3 Effekt av styrketrening på muskelvekst

Muskelvekst skjer først og fremst gjennom en økning av muskelfibrenes størrelse i form av økt masse og/ eller lengde (Brook et al., 2015; Damas et al., 2015; Taber et al., 2019). Ved muskelvekst aktiveres omkringliggende satelittceller (muskelstamcelle) som tilfører flere cellekjerener til muskelcellene (Raastad et al., 2010; Schoenfeld, 2010). En skjelettmuskel består i korte trekk av muskelfibre (type I, IIa, IIx). Inne i muskelfibrene er det myofibriller som igjen består av sarkomerer. Sarkomerene inneholder kontraktile proteinene aktin og myosin (Raastad et al., 2010). Når muskelen vokser blir det flere sarkomerer i serie eller i parallell (Schoenfeld, 2010). Inne i sarkomeren øker mengden av de kontraktile proteinene, aktin og myosin, dette skjer når proteinsyntesen er større enn nedbrytningen av protein (Brook et al., 2015; Damas et al., 2015; Raastad et al., 2010). Endringer i form av økt proteinsyntese vil være en umiddelbar effekt av styrketrening (Brook et al., 2015; Damas et al., 2015). Det kan se ut til at den økte proteinsyntesen etter styrketrening avtar hos individer som har utøvd styrketrening over tid. Det er diskutert hvorvidt det er den akutte proteinsyntesen etter en styrkeøkt eller endringer i basal proteinsyntese som har størst innvirkning på muskelvekst (Brook et al., 2015; Damas et al., 2015, 2016).

Muskelvekst kan måles i form av endringer i muskeltykkelse/ tverrsnitt (Taber et al., 2019) og er blitt målt allerede etter 3-4 uker med styrketrening (Baroni et al., 2013; Brook et al., 2015; Seynnes et al., 2007). Målinger av muskelvekst gjennomføres oftest med Dual X- ray absorptiometry (DXA), MR og/ eller ultralyd (Haun et al., 2019). Ultralyd gir et mål på muskeltykkelse på et område på muskelen, fortrinnsvis der den er størst. Muskelvekst kan oppstå flere steder og det er viktig å måle samme sted hver gang (Haun, 2019). Målinger utført med DXA vil kunne gi et mål på mager masse, enten for fullkropp eller deler av kroppen, eksempelvis mager masse pr. bein. DXA kan skille mellom beinmasse, fettmasse, væske og mager masse. DXA er derimot ikke sensitiv nok til å kunne skille ut mål på



muskelmasse alene, men gir et samlet mål på mager masse. Målinger av mager masse inkluderer muskelmasse, intramuskulær væske, organer, blod, hud og intermuskulært fett. Dette er en svakhet ved bruk av DXA, men det gir likevel en god indikasjon på økning av muskelmasse MR vil også gi gode mål på muskelmasse og kunne skille ut enkeltmuskler, men er kostbart og har ofte redusert tilgjengelighet, og er derfor sjeldnere brukt i studier (Haun et al., 2019).

Respons på styrketrening i form av muskelvekst stimuleres først og fremst av mekanisk drag og metabolsk stress (Schoenfeld, 2010; Smith & Rutherford, 1995; Taber et al., 2019). Disse typene stimuli virker sammen med hormoner og lokale vekstfaktorer og stimulerer aktivering av satelittceller (Raastad et al., 2010). Det mekaniske draget vil være den ytre motstanden muskelen utsettes for ved belastning, antall kilo (Raastad et al., 2010, s.87). Det metabolske stresset ved styrketrening er avhengig av flere faktorer; antall repetisjoner, pausetid mellom sett, kontraksjonstid, blodtilførsel, grad av utmattelse/ intensitet og type styrketrening (Raastad et al., 2010, s.95-98). Mekanisk drag og metabolsk stress faktorene påvirker effekt av styrketrening gjennom ulike påvirkning av signalveier for muskelvekst. Signalveier for muskelvekst inkluderer; 1) proteinkinase B/ mekanistisk target til rapamycin (Akt/mTor) som oppregulerer anabole og nedregulerer katabole prosesser. 2) mitrogen aktivert protein-kinase (MAPK) som er viktig for regulering av genuttrykk og metabolisme og MAPK som ser ut til å koble adaptasjoner i muskelcellene, cellevekst og celledeling som en respons på cellulært stress. 3) Kalsiumavhengige signalveier, som er koblet til ulike faktorer som regulerer hypertrofi (Schoenfeld, 2010). Styrketrening med høyt mekanisk drag stimulerer prosesser gjennom MAPK og aktivering av mTOR (Martineau & Gardiner, 2002). Både varigheten og styrken på det mekaniske draget ser ut til å påvirke hvordan muskelen påvirkes (Martineau & Gardiner, 2002). Styrketrening med høyt metabolsk stress er trening som i stor grad avhenger av anaerob glykolyse for adenosinetriphosfat (ATP) produksjon (Schoenfeld, 2010). Muskeliskemi har også vist å være en kilde til økt metabolsk stress. En av teoriene for metabolsk stress baserer seg på at treningen gir større nedsettelse av muskelfiber funksjon og økt aktivering av det sympatiske nervesystemet, som sammen stimulerer til adaptasjon i form av hypertrofi (Schoenfeld, 2010). Det er ikke kjent i hvor stor grad de ulike signalveiene aktiveres forskjellig av ulike typer styrketreningsstimuli.

En review fra 2010 (Schoenfeld) konkluderer med at styrketrening som gir høyt metabolsk stress, men samtidig opprettholder et moderat mekanisk drag, sannsynligvis vil være gunstig for muskelvekst. Det foreslås her 6-12 repetisjoner, med flere sett, hvor minimum enkelte av settene bør gjennomføres til utmattelse (Schoenfeld, 2010). Volumet av styrketreningen ser også ut til være en viktig faktor for muskelvekst etter en treningsperiode. En metaanalyse som så på forholdet mellom volum styrketrening og hypertrofi indikerer et dose- respons forhold når man ser på antall sett pr uke (Schoenfeld et al., 2017). En annen metaanalyse (Krieger, 2009) har funnet at styrketrening med tre sett generelt gir høyere respons på muskelvekst sammenlignet med styrketrening med ett sett. Det er per i dag usikkerhet knyttet til sammenhengen mellom muskelstyrke og muskelvekst (Buckner et al., 2016; Ratamess et al., 2009; Taber et al., 2019). En teori er at korrelasjonen mellom endring muskelstyrke og muskelvekst etter styrketrening er liten hos utrente, og er større hos individer som har trent styrke over tid (Taber et al., 2019). Andre mener muskelvekst og muskelstyrke i større grad er separate effekter av styrketrening (Buckner et al., 2016). Flere studier har også vist at enkelte individer responderer med en endring i form av enten økt muskelvekst eller økning i muskelstyrke etter en periode med styrketrening (Damas et al., 2018; Hammarström et al., 2020).

#### 1.4 Hva påvirker respons på styrketrening?

Muskelstyrke er generelt en viktig faktor for helse og fysisk funksjon, og i et helseperspektiv vil respons på styrketrening være viktig for å unngå lav muskelstyrke og/ eller muskelmasse (Ahtiainen et al., 2016; Kraemer & Ratamess, 2004; Linge et al., 2021; Metter et al., 2002; Westcott, 2012; Wolfe, 2006). Adaptasjonene til styrketreningen påvirkes av både genetiske, epigenetiske og miljømessige faktorer, inkludert søvn, næringsstatus og stress (Pickering & Kiely, 2019; M. D. Roberts et al., 2018; Timmons, 2011). Variabler innenfor selve styrketreningen innebærer volum, intensitet, hvile mellom sett, antall sett, valg og rekkefølge på øvelser og treningsfrekvens (Ahtiainen et al., 2016). Blant indre faktorer assosieres styrketrening med økt ribosombiogenese, reduksjon i nedbrytning av proteiner, oppregulering av muskelproteiner og myofibrillære proteiner samt økning i antall muskelcellekjerner mediert av satelittceller (M. D. Roberts et al., 2018). Potensialet for

muskelvekst ser ut til å være større for type II fibre, enn type I fibre etter styrketrening med intensitet over 50% av 1 RM (Ogborn & Schoenfeld, 2014).

Både kjønn og alder har en påvirkning på respons på styrketrening (Deschenes & Kraemer, 2002). Menn har generelt høyere muskelmasse sammenlignet med kvinner, og studier har vist menn generelt øker total muskelmasse og muskelstyrke mer enn kvinner (Kell, 2011; B. M. Roberts et al., 2020). Hvorvidt det er kjønnsrelaterte forskjeller knyttet til den relative endringen i muskelstyrke og muskelvekst etter styrketrening er mer usikkert. En metaanalyse fra 2020 finner ingen forskjell i relativ økning muskelmasse, ingen forskjell økning relativ styrke bein mellom kvinner og menn, men en høyere økning relativ styrke overkropp for kvinner (B. M. Roberts et al., 2020). Muskelmasse reduseres gradvis fra 30 årene, og akselerer ytterligere etter 60 årene (Melton et al., 2000; Raastad et al., 2010), og det er vist en reduksjon i type II fibre (Endo et al., 2020). Personer over 60 har likevel god effekt av styrketrening når det kommer til økning av muskelstyrke, spesielt med høy intensitet (Mayer et al., 2011). Det er også sett god effekt på økning i muskelmasse hos personer over 50 år, spesielt ved treningsprogram med høyere treningsvolum (Peterson et al., 2011).

Høy kroppsmasseindeks (KMI) og fedme er assosiert med redusert effekt på muskelstyrke og muskelvekst etter styrketrening (Beals et al., 2019). Den økende forekomsten av personer med høy KMI er en av dagens store helseutfordringer, og høy KMI er assosiert med en rekke livsstilssykdommer (Guh et al., 2009). Fedme defineres av verdens helseorganisasjon (WHO) som «unormal eller overdreven fettakkumulering som utgjør en risiko for helsen» (WHO, 2020). Fedme klassifiseres som  $KMI > 30$ , og er assosiert med en høy risiko for utvikling av tilleggs lidelser og dødelighet (WHO, 2020). Personer med fedme har typisk en høyere absolutt muskelstyrke, og en lavere relativ muskelstyrke ut i fra vekt, sammenlignet med slankere individer (Tallis et al., 2018; Valenzuela et al., 2020). Den relative forskjellen ser ut til å øke ved økende grad av fedme (Gadducci et al., 2017).

Hos individer med fedme forekommer det en økt lagring av fett i andre vevsformer, som skjelettmuskulatur, innvoller og i leveren (Gossens, 2017). Den økte forekomsten av intermuskulært fett er trolig en av årsakene bak den reduserte muskelkvaliteten hos personer med fedme (Koster et al., 2011). Intramuskulært fett bidrar til en økt stivhet i muskulaturen,

som mekanisk sett reduserer kontraksjonsevne og muskelkraft (Rahemi et al., 2015). Det er sterke indiser for at fedme reduserer evnen til fettoksidasjon i muskulaturen, samt økt lagring av fett i skjelettmuskulaturen (Consitt et al., 2009). Individuer med fedme har redusert proteinsyntese og redusert signalrespons for hypertrofi (Beals et al., 2019), og har høyere sannsynlighet for redusert muskelkvalitet (lav styrke/ masse ratio) sammenlignet med slankere individer (Valenzuela et al., 2020).

## 1.5 Individuelle forskjeller i respons på styrketrening

Flere studier har vist at enkelte individer etter en periode med styrketrening responderer med økt muskelvekst eller økning i muskelstyrke (Damas et al., 2018; Hammarström et al., 2020). De individuelle forskjellene når det kommer til effekt av styrketrening er store. En stor studie med hele 585 forsøkspersoner fant 0-250% økning i 1 RM muskelstyrke og fra -2 til +59% økning i muskelmasse, etter 12 uker styrketrening (Hubal et al., 2005). Alle har ulikt genetisk potensiale for utvikling av styrke og muskelmasse (Timmons, 2011). Generelt kan man si at et individs respons på styrketrening kan forbedres ved å optimalisere alle justerbare forhold som påvirker effekten av styrketrening (Pickering & Kiely, 2019; M. D. Roberts et al., 2018). Ved å sammenligne effekt av ulike treningsprotokoller hos et individ vil man kunne si noe om variasjonen i effekt av styrketrening er knyttet til treningsprotokollen som gjennomføres, eller om det i større grad påvirkes av andre faktorer (Chrzanowski-Smith et al., 2020; Pickering & Kiely, 2019; Roberts et al., 2018).

Tradisjonelt har man utformet styrketreningsprogram rettet mot spesifikke mål som muskelvekst og muskelstyrke. Det er vanlig å trene med høy intensitet og færre repetisjoner, og ha et høyt mekanisk drag, ved trening for muskelstyrke. Trening for muskelvekst har derimot flere repetisjoner, kortere pauser, høyt metabolsk stress og medium mekanisk drag. Studier med fokus på individuelle variasjoner i effekt av styrketrening (Damas et al., 2019; Hubal et al., 2005), utfordrer det tradisjonelle synet på kategorisering av styrketreningsmetoder og hvilke metoder som har best effekt, og for hvem. I denne diskusjonen kommer uttrykkene responder og non-responder inn, altså personer som responderer mye eller lite/ ingenting på styrketrening. Hvorvidt såkalte non- respondere

eksisterer er omdiskutert (Pickering & Kiely, 2019). Et studie over 24 uker finner ingen non-respondere når det ble sett på flere utfallsmål (mager masse, muskelfiber størrelse, muskelstyrke og fysisk funksjon) (Churchward-Venne et al., 2015).

Flere studier konkluderer med at alle forsøkspersonene hadde effekt på minst ett utfallsmål, men de individuelle variasjonene var store (Damas et al., 2018, 2019; Hammarström et al., 2020; Hubal et al., 2005) Virkningsmekanismene bak effekt av styrketrening, og årsaken til de store individuelle variasjonene, er ikke fullt forstått (Hubal et al., 2005; Ratamess et al., 2009; M. D. Roberts et al., 2018).

De fleste studier som er gjort for å sammenligne treningsprotokoller er gjort ved å fordele forsøkspersonene tilfeldig til ulike protokoller. Dette vil kunne si noe om hvilken treningsprotokoll som ser ut til å fungere best på gruppenivå, men derimot gi mindre informasjon om intraindividuelle variasjoner (Chrzanowski-Smith et al., 2020). Et intraindividuell forskningsdesign vil kunne gi et bedre innblikk i om ulike treningsintervensjoner gir ulik effekt på individnivå (MacInnis et al., 2017). En bedre forståelse av intraindividuell variasjon vil også kunne gi et mer reelt innblikk i de interindividuelle variasjonene (Chrzanowski-Smith et al., 2020). De senere årene har det kommet flere studier som ser på effekt av ulike treningsprotokoller med intraindividuell design (Damas et al., 2018, 2019; Hammarström et al., 2020). En studie fra 2018 (Damas et al.) sammenlignet styrketrening med høy treningsfrekvens (fem ganger i uken) med lav treningsfrekvens (to-tre ganger i uken), i form av unilateral trening av bein. På individnivå var det ulik respons på de ulike protokollene, hvor noen responderte best på høy frekvens, andre på lav, og andre igjen med tilsvarende effekt på begge protokoller. Ingen av protokollene klassifiserte individer som «ikke-responder» på muskelvekst, og kun en forsøksperson ble klassifisert som «ikke-responder» på muskelvolum. Forsøkspersonene kunne ha ulik respons i form av at høy frekvens kunne gi høy økning i muskelstyrke, men lavere økning i muskelvolum, og motsatt (Damas et al., 2018). I 2019 gjorde Damas et al. en ny studie hvor de så på den intraindividuelle effekten av variabel styrketreningsprotokoll og standardisert progressiv styrketrening. På gruppenivå var det ingen forskjell mellom intervensjonene for effekt på muskelvekst (tverrsnittareal), og det var opptil 38% forskjell i interindividuell respons. Alle forsøkspersonene ble kategorisert som respondere for begge treningsprotokoller (Damas et al., 2019). I 2020 gjennomførte Hammarström et al. en treningsintervensjon i 12

uker hvor forsøkspersonene trente beinstyrke unilateralt. Studien konkluderte med at hvis et individ responderte godt på en treningsprotokoll, hadde vedkommende sannsynligvis god respons på begge treningsprotokoller, men med individuelle variasjoner (Hammarström et al., 2020). For detaljert oversikt over studiene, se tabell 1.

Variasjonene i treningsrespons i form av muskelvekst og muskelmasse er store (Damas et al., 2018; Hammarström et al., 2020; Hubal et al., 2005). Styrketrening anbefales i dag av Helsedirektoratet, med mål om å fremme helse (Helsedirektoratet, 2022). Mer kunnskap om hva som fører ulik respons mellom individer kan være et bidrag til å kunne optimalisere treningsrespons for flere og bidra til bedre helse. Målet med denne studien var å se nærmere på den individuelle forskjellen i respons på ulike treningsprotokoller for å undersøke om dagens anbefalinger for styrketrening er passende for alle. Hensikten med denne studien var å:

- 1) Undersøke i hvor stor grad det er sammenheng mellom treningsrespons etter styrketrening med 3x10 RM og 3x30 RM, målt som muskelvekst og muskelstyrke, mellom høyre og venstre bein, etter 13 uker med styrketrening?
- 2) Undersøke i hvilken grad respons til styrketrening, målt som muskelvekst og muskelstyrke, påvirkes av kjønn, alder, KMI og eksplosivitet?

TABELL 1 STUDIEOVERSIKT INDIVIDUELL RESPONS STYRKETRENING

Studie	Deltakere	Treningsintervensjon	Målemetoder	Resultater individuell respons
(Damas et al., 2018)	20 utrente menn (18-34 år).	Styrketrening 3 vs. 5 dager i uken, intraindividuell design. 3x9-12 RM.	Muskelvekst: m. vastus lateralis tverrsnittareal (ultral lyd). Muskelstyrke: 1 RM kneekstensjon.	Muskelvekst: 31,6% < HØY frekvens 38,6% < LAV frekvens. Muskelstyrke: 26,3% < HØY 15,8% < LAV
Damas et al. (2019)	20 menn, erfaring styrketrening. 26 ( $\pm$ 3 år)	Styrketrening 2 dager i uken, 8 uker. Variabel øktprotokoll vs. progressiv styrketrening.	Muskelvekst: M. vastus lateralis tverrsnittareal (ultral lyd).	Interindividuell varians muskelvekst opp til 38%. Ingen inter-, eller intraindividuell forskjell treningsprotokoll.
(Hammarström et al., 2020)	N=41, utrente menn og kvinner, 18-40 år.	Helkroppstrening 12 uker. Unilateral styrketrening bein, (3x10-7RM, 1x10-7RM).	1 RM kneekstensjon, isometrisk og isokinetrisk kneekstensjon (HUMAC) m. vastus lateralis tverrsnittareal (MRI).	Muskelvekst: 13fp < 3 sett 3fp < 1 sett Muskelstyrke: 16fp < 3 sett 1fp < 1 sett

## 2.0 Introduksjon

Styrketrening har tradisjonelt sett vært praktisert av idrettsutøvere for å øke fysisk prestasjonsevne (Kraemer & Ratamess, 2004), og anbefales i dag for den allmenne befolkningen som et viktig helsefremmende tiltak (Bahr, 2009; Helsedirektoratet, 2022; Westcott, 2012; Wolfe, 2006). Effekten av styrketreningen måles ofte som en økning i muskelmasse og/ eller muskelstyrke (Raastad et al., 2010) og effekten ser ut til å kunne påvirkes av kjønn, alder, KMI og fibertypesammensetning (Andersen & Aagaard, 2010; Beals et al., 2019; Peterson et al., 2011; B. M. Roberts et al., 2020). Endringer i muskelstyrke etter styrketrening skjer blant annet gjennom effektivisering av nevralfunksjon, økt rekruttering av muskelfibre, økt tverrsnittareal, optimalisering av muskelfibrenes arkitektur og lengdeendring av muskelfasikler (Ratamess et al., 2009; Raastad et al., 2010). Muskelvekst skjer hovedsakelig gjennom en økning av muskelfibrenes størrelse i form av masse og/eller lengde (Brook et al., 2015; Damas et al., 2015; Taber et al., 2019). Flere ulike signalveier stimulerer til muskelvekst og økt muskelstyrke, både gjennom mekanisk drag på muskulaturen og det metabolske stresset som oppstår lokalt i muskulaturen. Det er fortsatt mye vi ikke vet rundt disse signalveiene, for eksempel i hvilken grad det er individuelle forskjeller (Schoenfeld, 2010).

Helsedirektoratet (Bahr, 2009; Helsedirektoratet, 2022) anbefaler i dag den norske befolkningen å ha 2-3 økter i uken med styrketrening, minst en økt med 8-10 øvelser og en intensitet på 75% av 1 RM, 8-12 reps. På gruppenivå er effekten av styrketrening god (Ahtiainen et al., 2016). Hvis man satte hele befolkningen til å følge dagens anbefalinger for styrketrening, vil sannsynligvis flertallet oppnå en økning i muskelvekst og muskelstyrke, men ikke alle. Studier har vist at det er stor variasjon i respons på individnivå, og enkelte ser ut til å ha betydelig mindre effekt av styrketrening (Damas et al., 2015; Hubal et al., 2005; M. D. Roberts et al., 2018). Disse individene omtales ofte i litteraturen som respondere og non-respondere. På hvilken måte individer responderer på styrketrening ser også ut til å være forskjellig, da studier har vist ulik grad av effekt på ulike treningsprotokoller i form av muskelstyrke og muskelvekst (Damas et al., 2018; Hammarström et al., 2020).



Dagens anbefalinger baserer seg på forskning gjort på gruppenivå. Den ser på hva som fungerer best for flertallet, men er i liten grad opptatt av variasjonene på individnivå. Mer kunnskap om hva som fører ulik respons mellom individer kan være et bidrag til å kunne optimalisere treningsrespons for flere, og være et positivt bidrag til folkehelsen. Denne oppgaven ser nærmere på den individuelle forskjellen i respons på ulike treningsprotokoller for å undersøke om dagens anbefalinger vil være passende for alle. Dette gjøres ved å sammenligne treningsresponsen hos utrente personer mellom 30-60 år, hvor forsøkspersonene trener ulike treningsprotokoller på hvert av beina. Det ene beinet vil trene innenfor dagens nasjonale anbefalinger for styrketrening for den generelle befolkningen, 3x10 RM, mens den andre vil trene 3x30RM, begge 2-3 ganger i uken.

Treningen skulle måles gjennom 13 uker. I og med at det er responsen på ulike treningsprotokoller på høyre og venstre bein som undersøkes bidrar forskningsdesignet til å utelukke eksterne faktorer påvirkning på intraindividuelle forskjeller, noe som ville vært tilfelle dersom en sammenliknet forskningspersoner som trente med ulike treningsprotokoller. Spørsmål som er aktuelle å se nærmere på er blant annet om det er slik at noen personer responderer mye eller lite på begge treningsintervensjonene, eller vil noen ha en tydelig fordel av å trene med den ene treningsprotokollen kontra den andre? Eller sagt på en annen måte, finnes non- respondere, eller trener de bare feil? Og i så tilfelle, passer dagens anbefalinger for alle? Hensikten med denne studien var å undersøke følgende

- 1. I hvor stor grad er det sammenheng mellom treningsrespons etter styrketrening med 3x10 RM og 3x30 RM, målt som muskelvekst og muskelstyrke, mellom høyre og venstre bein, etter 13 uker med styrketrening?*
- 2. Undersøke i hvilken grad respons til styrketrening, målt som muskelvekst og muskelstyrke, påvirkes av kjønn, alder, KMI og eksplosivitet?*

## 3.0 Metode

Denne studien er en del av et større forskningsprosjekt, Alfa og Omega. Alfa og Omega prosjektet er koordinert av Håvard Hamarsland ved Høgskolen på Innlandet lokalisasjon Lillehammer. Det primære målet med Alfa og Omega er å undersøke effekten av styrketrening og inntak av n-3 flerumettede fettsyrer hos utrente personer med KMI over og under 30. Prosjektet er vurdert og godkjent av Regionale komiteer for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK) i 2019/818. Prosjektet er gjennomført med tre perioder med datainnsamling i perioden 2019-2022. Protokollen for tester, trening og datainnsamlingen har vært den samme disse tre periodene. Denne studien vil kun bruke deltagerdata, styrketester målt med et isokinetisk dynamometer og muskelvekt målt med DXA, og ser ikke nærmere på effekten av inntak av flerumettede n-3 fettsyrer.

### 3.1 Deltagere og studiedesign

Alpha and Omega prosjektet er designet som en randomisert dobbelt- blindet placebokontrollert studie (RCT). Forsøkspersonene i studiet er friske, utrente, individer mellom 30-60 år (se tabell 2 for inklusjons, - og eksklusjonskriterier). Rekruttering av forsøkspersoner har foregått gjennom Sykehuset innlandet (Seksjon for sykelig overvekt Gjøvik), lokalaviser, flyers og sosiale media). Potensielle forsøkspersoner ble invitert til et informasjonsmøte hvor det ble gitt detaljert informasjon om prosjektet og fikk her mulighet til å stille spørsmål om prosjektet. Forsøkspersonene har mottatt skriftlig informasjon om prosjektet og underskrevet samtykkeerklæring før oppstart. I denne oppgaven er det kun inkludert forsøkspersoner som har registrert data på alle aktuelle variabler for oppgaven. Se tabell 3 for baseline data for forsøkspersoner inkludert i denne oppgaven, presentert som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik.

**Tabell 2: Inklusjons,- og eksklusjonskriterier**

Inklusjon	Eksklusjon
Alder 30-60 år	Ustabil kardiovaskulær sykdom
KMI 20-30, 30-43	Forstår ikke norsk
< 3 t utholdenhetstrening per uke	Sykdom eller skader som fraråder tung styrketrening
< 1 t styrketrening per uke	Bruk av orale steroider siste to måneder
	Allergi for lokal anestesi
	Alvorlig mental sykdom
	Røyker
	Muskel,- og skjelettsykdom

**Tabell 3: Baseline karakteristikker forsøkspersoner**

n	86
Kjønn( Kvinner/ menn)	45/41
Alder (år)	47,8 (±6,9)
KMI	28,8 (±4,9)
Mage masse pr bein (g)	9158,6 (±1971)
Isometrisk styrke 0°/sek (Nm)	196,98 (± 59,7)
Eksplosiv styrke 240°/sek (Nm)	82,99 (± 30,5)

Datainnsamlingen er gjort i tre perioder; fra september til mars i 2019-2020, 2020-2021 og i 2021-2022. Denne oppgaven bruker data hentet fra alle de tre periodene, med nye forsøkspersoner i hver periode. Testene innad i hver periode er gjennomført ved følgende 4 tidspunkt:

Test 1: før inntak av supplement

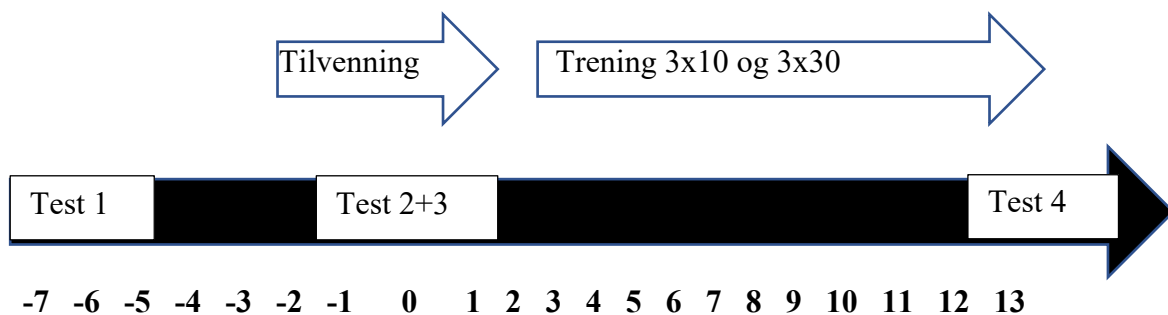
Test 2: etter 7 uker inntak av Omega supplement.

Test 3: etter tre uker tilvenningsøkter

Test 4: etter til sammen 13 uker styrketrening.

Forsøkspersonene tok Omega supplement eller placebo gjennom fra etter test 1 og gjennom hele treningsintervensjonen, men dette er ikke blitt undersøkt nærmere i denne studien. For nærmere beskrivelse av tidsforløp for testing og trening, se figur 1. Mellom test to og test tre

har Forsøkspersonene gjennomført to tilvenningsøker for å bli kjent med øvelsene og for å finne rett startvekt til første treningsøkt. Målet med tilvenningsperioden var at forsøkspersonene skal lære seg øvelsene, sikre en god overgang til trening og unngå skader. Deretter fulgte 20 økter med styrketrening. Gjennom alle tre periodene har forsøkspersonene hatt en pause fra organisert trening på ca. 2 uker gjennom julehøytiden. I denne oppgaven er det brukt resultater fra test 2 og test 4. Treningsintervensjonen ble i all hovedsak gjennomført med to ukentlige økter, men for flere ble dette vanskelig i perioder underveis, og varigheten på treningsintervensjonen ble utvidet for disse. For å bli inkludert i analysene i denne studien måtte forsøkspersonene ha gjennomført minimum 20 økter (flest antall økter gjennomført var 21 økter) i løpet av treningsperioden. Alle forsøkspersonene ble veiledet under treningsøktene av bachelor, - og masterstudenter fra idrettsvitenskap. Testene ble gjennomført av masterstudenter ved masterstudiet i treningsfysiologi eller prosjektleder Håvard Hamarsland. Det ble gitt opplæring i treningsprotokoller og testprotokoller av prosjektleder Håvard Hamarsland.



FIGUR 1 TIDSLINJE TESTING ALFA OG OMEGA

### 3.2 Treningsintervensjon

Treningsintervensjonen har foregått ved Høgskolen på Lillehammer. Alle økter er gjennomført med veiledning fra bachelor eller masterstudent ved idrettsvitenskap, eller prosjektleder Håvard Hamarsland. Hver trening ble gjennomført med 5 minutters oppvarming med lav intensitet på sykkel. Deretter ble det gjennomført spesifikk oppvarming på beinpressapparat, 2x10 repetisjoner (50-70% av 1 RM). Styrkeøvelsene for beina bestod av beinpress, kneekstensjon og knefleksjon. Her trente forsøkspersonene kontralateralt, med en

randomisert fordeling av 3x10 RM og 3x30 RM på dominant og ikke dominant fot. For overkroppen ble det gjennomført bilateral trening med 3x10 RM benkpress og 3x10 RM hantelroing. Pause mellom hvert sett var ca. 1,5-2 min. Hvert sett ble instruert til å trenes til utmattelse. Det ble gjort kontinuerlige justeringer i motstand på treningen underveis i treningsperioden, for å sikre at forsøkspersonene trente med samme relative motstand. Forsøkspersonene hadde minimum en dag pause mellom hver økt eller test. Tildeling av trener til øktene ble gjort gjennom ved at studentene selv valgte økter de kunne ta ansvar for. Det var ikke faste trenere for hver forsøksperson. Om noen av forsøkspersonene ikke møtte på en økt, ble ny økt avtalt. Forsøkspersonene ble oppfordret til å fortsette med sine vante gjøremål i hverdagen.

### 3.3 Målemetoder for muskelstyrke og muskelvekst

I denne oppgaven er det brukt resultater fra isokinetisk og isometrisk test av kneekstensjon, målt i ett HUMAC Norm dynamometer (CSMi, Stoughtin, Massachusetts, USA. For å måle muskelvekst er mengde mager masse hos forsøkspersonene målt med Dual X-ray absorptiometry (DXA) (Prodigy Advance PA +302047, Lunar, San Fransisco, CA, USA) (Seabolt et al., 2015).

#### 3.3.1 Muskelstyrke

I denne studien er muskelstyrke målt isometrisk kraft (0°/sek) og eksplosiv kraft (240°/sek ved kneekstensjon i HUMAC dynamometer. På testdagen for styrke gjennomførte forsøkspersonene en fast testprotokoll. I forkant av testing av styrke i HUMAC dynamometer ble det gjennomført følgende tester;

1) 1 RM ettbeins beinpress, 2) 1 RM ettbeins kneekstensjon, 3) maks antall ettbeins kneekstensjon ved 70% av 1 RM.

Forsøkspersonene var gjennom dette oppvarmet før testing i dynamometer. I forkant av testing ble innstillinger av sete, rygg og ankelpute tilpasset hver enkelt, i henhold til apparatets retningslinjer. Samme innstillinger ble brukt ved hver test. Det ble gjennomført tre styrketester i HUMAC dynamometer.

Test 1: Det ble gjennomført en oppvarming med 3 x kneekstensjon (hastighet 60°/sek). Etterfulgt av en pause på 30 sekunder. Deretter gjennomførtes samme øvelse som gjeldende test med 3x kneekstensjon med full kraft ved hastighet 60°/sek. Test 1 etterfulgt av ny 60 sekunders pause.

Test 2: Oppvarming med 3x kneekstensjon (hastighet 240°/sek), etterfulgt av 30 sek pause før samme protokoll gjentas som test. Også her instrueres forsøkspersonene i å presse mot armen til dynamometeret med full kraft. Test 2 etterfulgt av 60 sek pause.

Test 3 ble gjennomført som isometrisk test (0°/sek) der dynamometer armen står i ro, plassert på 60°. Testleder teller ned, etterfulgt av at forsøkspersonene presset mot armen til dynamometeret i 4-5 sekunder (3 sekunder registrert i test), mens testlederen sier «HOLD, HOLD» helt til testen er ferdig. Her ble det gjennomført en oppvarmingstest, og til 2 tester. 30 sek pause mellom hver runde. Resultatene fra HUMAC ble lagret elektronisk under forsøksnummer til forsøkspersonen.

For oversikt over alle tester gjennomført i studien, se vedlegg.

### 3.3.2 Mager masse

I denne studien er mager masse per bein fra DXA scann brukt som mål på muskelvekst. Det er brukt resultater for mager masse ved test 2 og 4, målt for høyre og venstre bein separat.

Forsøkspersonene møtte fastende (minimum siste 12 timer) og hadde ikke gjennomført trening siste 48 timer. Hver måling gjort med DXA ble gjennomført innen 24 timer etter forrige kalibrering. Målingene ble gjennomført med at forsøkspersonene hadde på seg minst mulig klær, fortrinnsvis undertøy, og fjernet metaller (for eksempel smykker).

Forsøkspersonene ble plassert i maskinen i henhold til maskinens retningslinjer. Det ble benyttet to målinger (delt på venstre og høyre side av kroppen) i tilfeller der personen var for brede til å kunne måles i sin helhet. Forsøkspersonene ble instruert i å ligge i ro gjennom hele testen. Resultater ble lagret elektronisk under forsøksnummer til forsøkspersonen.

### 3.4 Data og statistikk

I denne oppgaven er alle rådata behandlet i Microsoft Excel (Microsoft, Redmond, WA, USA). Statistiske analyser og figurer er gjennomført ved bruk av Graphpad Prism 9.3.1

(California, USA), med unntak av beregning av smallest worthwhile change (SWC), som er gjort i excel. Forsøkspersoner som hadde mangelfulle data, ble fjernet fra analysene. En uparet t-test fant ingen signifikant forskjell på baseline verdier brukt i denne oppgaven mellom forsøkspersonene inkludert i studien og forsøkspersonene som ble ekskludert grunnet mangelfulle data. Det er brukt data fra pretest 2 fra både mager masse målt med DXA og styrkemål fra HUMAC, slik at personene hadde fått gjennomført en tidligere runde med tester og dermed fått noe innlæring på HUMAC og for å ha testresultater fra DXA fra samme tidspunkt.

For å se på korrelasjon mellom individuell endring i muskelstyrke og muskelvekst etter trening med 10 RM og 30 RM er det brukt relative verdier, i form av prosentvis endring. Det er brukt SWC med en effektstørrelse på 0,2 for å kunne si noe om endringen var betydningsfull (W. G. Hopkins, 2004). For å finne SWC er det først gjort en fordeling med totalverdier for menn og kvinner separat. Disse totalverdiene ble gjennomsnittsentrert ved å trekke fra gjennomsnittsverdien for alle forsøkspersonene fra totalverdien, og på denne måten få sammenlignbare verdier uavhengig av kjønn. Det er videre regnet ut gjennomsnitt og standardavvik totalt for alle forsøkspersonene, samt fordelt på kjønn. Dette er brukt for å regne ut en samlet SWC for menn og kvinner for totalverdier. For å finne SWC for relative verdier er gjennomsnitt av totalverdier pre-test (for enten menn, kvinner eller totalt) delt på SWC totalverdi kvinner og menn samlet. Resultatet er deretter multiplisert med 100 for å finne prosentvis SWC.

Resultater på gruppenivå er presentert som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik. Det er brukt korrelasjonsanalyse og paret t-test for å se på sammenhengen mellom prosentvis endring i muskelstyrke og mager masse, og korrelasjon mellom disse variablene mot kjønn. Uparet toveis t-test er brukt for å se på forskjell mellom kjønn. Regresjonsanalyser er brukt for å se på sammenheng mellom effekt på muskelstyrke og muskelvekst og de kontinuerlige variablene alder, KMI og eksplosivitet (kneekstensjon ( $240^\circ/\text{sek}$ )). Eksplosivitet er her satt som relativ verdi av isokinetisk styrketest (pre-test ( $240^\circ/\text{sek}$ ) delt på pre-test isometrisk styrke ( $0^\circ/\text{sek}$ ), det er brukt gjennomsnittlig verdi for begge bein per person.

Signifikansnivået i studien er satt til  $p < 0,05$ . I denne studien er R- tallet brukt for vurdering

av sammenheng mellom de ulike variablene. Det er her tatt utgangspunkt i følgende inndelinger = 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 (W. G. Hopkins, 2012).

### 3.5 Etiske vurderinger

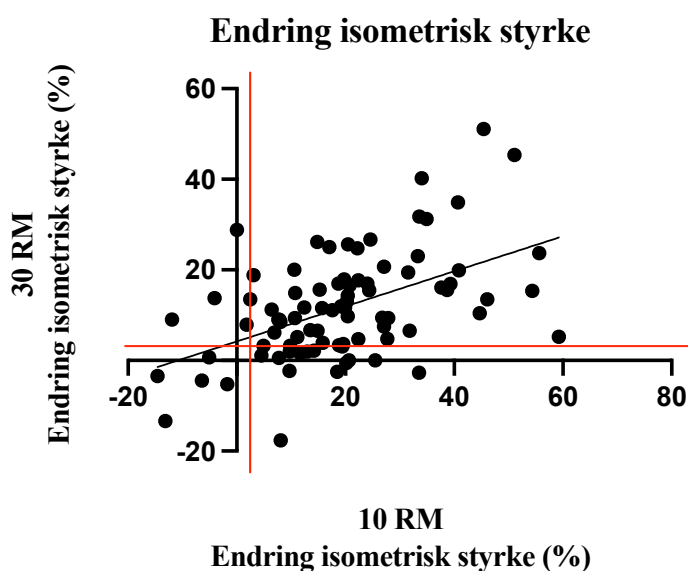
I dette prosjektet er det gjennomført DXA målinger, som er en røntgenbasert undersøkelse. For å sikre minimal stråling ble det gjort helkroppsmåling av forsøkspersonene, uten målinger av beintetthet. Strålingsdosen ved DXA er minimal sammenlignet med andre røntgenbaserte undersøkelser. Treningsbelastningen som er gjennomført i dette studiet var ikke assosiert med fare for forsøkspersonene. For å redusere risiko for negative effekter av treningen, sikre en hensiktsmessig gjennomføring og tilfredsstillende teknisk utførelse av øvelser, ble all trening gjennomført med veiledning. Datamaterialet er anonymisert og lagret på sikker server. For mer informasjon omkring dette, se vedlegg.



## 4.0 Resultater

### 4.1 Muskelstyrke

Tabell 4 viser en oversikt over antall forsøkspersoner som har en respons på endring i muskelstyrke over SWC med effektstørrelse 0,2,) etter trening med 10 RM og 30 RM. Etter 13 uker med styrketrening var det en statistisk signifikant ( $p < 0.001$ ) større økning i isometrisk muskelstyrke ved trening med 10 RM ( $19,37 \pm 15,3\%$ ) enn med 30 RM ( $11,70 \pm 11,8\%$ ), se figur 2. SWC er beregnet til 2,72%, for menn og kvinner samlet, og er markert med røde streker i figuren. Strekene er markert med ca. avstand. Det er en signifikant sammenheng mellom respons ved 30 RM og 10 RM på gruppenivå,  $p < 0.001$ .



FIGUR 2. RELATIV ENDRING (%) AV ISOMETRISK STYRKE VED 10 RM/ 30 RM, ETTER 13 UKERS STYRKETRENING.

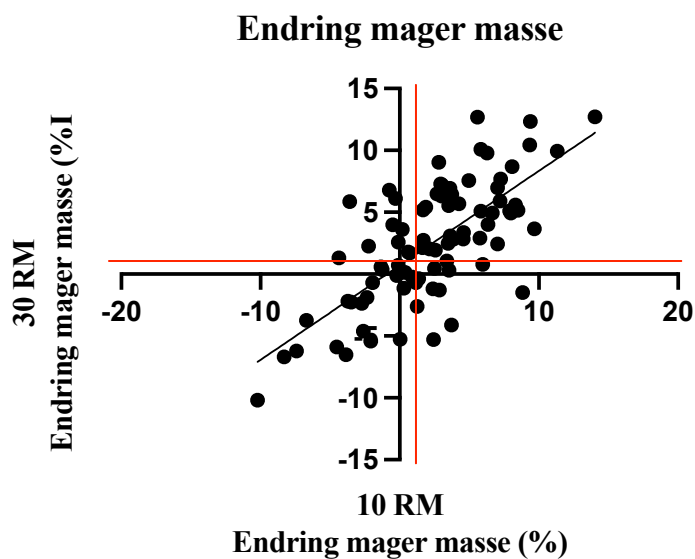
Tabell 4. SWC endring isometrisk muskelstyrke 10 RM og 30 RM, kvinner og menn.

Endring isometrisk muskelstyrke	Totalt	Kvinner	Menn
Over SWC 10 RM og 30 RM	62	33	29
Over SWC kun 10 RM	15	7	8
Over SWC kun 30 RM	4	1	3
Under SWC 10 RM og 30 RM	5	4	1

Tabellen er basert på SWC for menn (2,13%) og kvinner (3,32%), separat.

## 4.2 Muskelvekst

Etter 13 uker styrketrening var det ingen statistisk signifikant forskjell ( $p=0,69$ ) i endring av mager masse (%) etter trening med 10 RM og 30 RM på gruppenivå. Gjennomsnittlig endring etter trening med 10 RM og 30 RM var henholdsvis  $2,34 \pm 4,5\%$  og  $2,49 \pm 4,8\%$ . Tabell 5 viser en oversikt over antall forsøkspersoner som responderer over SWC for endring mager masse (effektstørrelse 0,2) etter trening med 10 RM og 30 RM.



FIGUR 3. RELATIV ENDRING (%) AV MAGER MASSE VED 10 RM/ 30 RM, ETTER 13 UKERS STYRKETRENING.

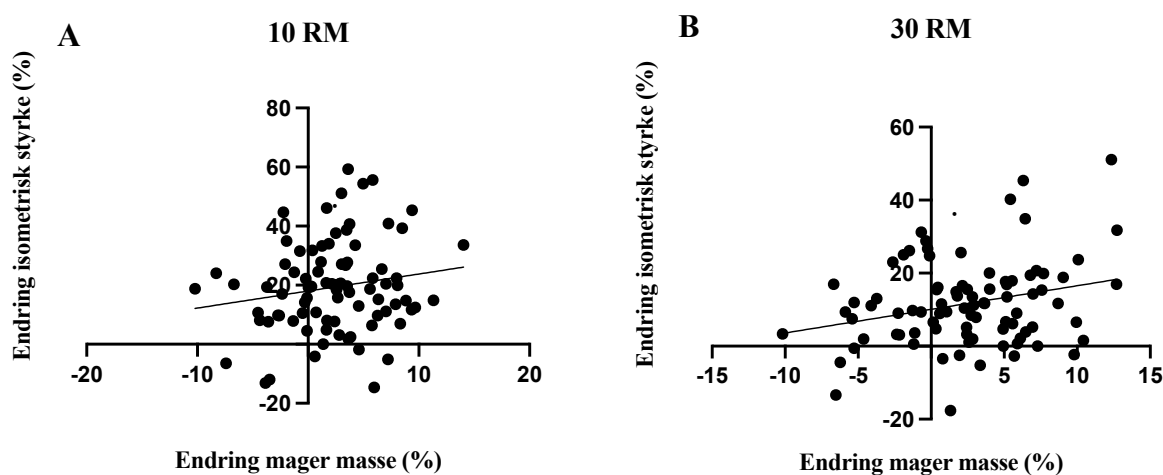
*Tabell 5. SWC endring mager masse. 10 RM og 30 RM, kvinner og menn.*

Endring mager masse	Totalt	Kvinner	Menn
Over SWC 10 RM og 30 RM	43	21	22
Over SWC kun 10 RM	12	4	8
Over SWC kun 30 RM	10	6	4
Under SWC 10 RM og 30 RM	21	14	7

Tabellen er basert på SWC for menn (0,81%) og kvinner (1,12%), separat.

### 4.3 Muskelstyrke og muskelvekst

Det var en signifikant sammenheng mellom endring i isometrisk styrke og endring mager masse etter trening med 30 RM ( $p=0,014$ ). Det var derimot ingen signifikant sammenheng mellom disse variablene etter trening med 10 RM ( $p=0,12$ ). R- verdien er beregnet til henholdsvis 0,17 og 0,26 for 10 RM og 30 RM, som tilsvarer svak sammenheng. Se figur 4 og 5 for sammenheng mellom endringer isometrisk styrke og mager masse for henholdsvis 10 RM og 30 RM.



FIGUR 4. ENDRING ISOMETRISK STYRKE OG MAGER MASSE ETTER 13 UKER STYRKETRENING MED 10 RM (A) OG 30 RM (B). RESULTATENE ER VIST SOM PROSENTVIS ENDRING FRA PRE- TEST TIL POST- TEST FOR HVERT INDIVID.

### 4.4 Kjønn

Det var ingen signifikant forskjell mellom kvinner og menn i prosentvis endring etter trening med 10 RM ( $p=0,85$ ) eller 30 RM ( $p=0,67$ ) for isometrisk styrke. R- verdien for endring isometrisk styrke er for menn beregnet til  $R=0,32$  og for kvinner  $R=0,61$ , som tilsvarer henholdsvis middels-svak og sterk sammenheng. Det var heller ingen statistisk signifikant forskjell mellom kjønn når det kom til endring i mager masse etter trening med 10 RM ( $p=0,25$ ) eller 30 RM ( $p=0,87$ ). Sammenhengen mellom endringer mager masse etter trening

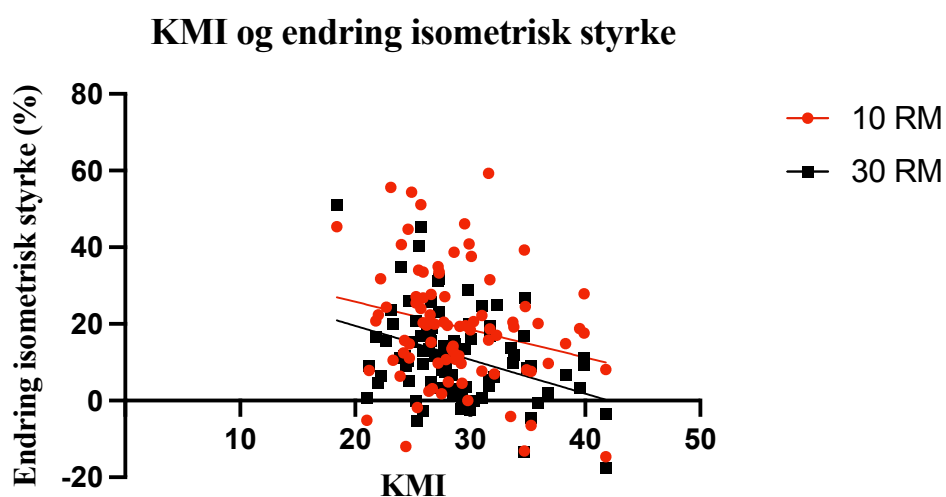
med 10 RM og 30 RM har en R- verdi på 0,7, og viser en sterk sammenheng. R- verdi for kvinner er 0,77 (veldig sterk) og R- verdi for menn er 0,66 (sterk).

## 4.5 Alder

Det var ingen signifikant sammenheng mellom alder og endring isometrisk styrke (%) etter trening med 10 RM ( $p=0,97$ ) eller trening med 30 RM ( $p=0,81$ ). Det var ingen signifikant sammenheng mellom alder og endring mager masse (%) etter trening med 10 RM ( $p=0,06$ ) eller 30 RM ( $p=0,20$ ).

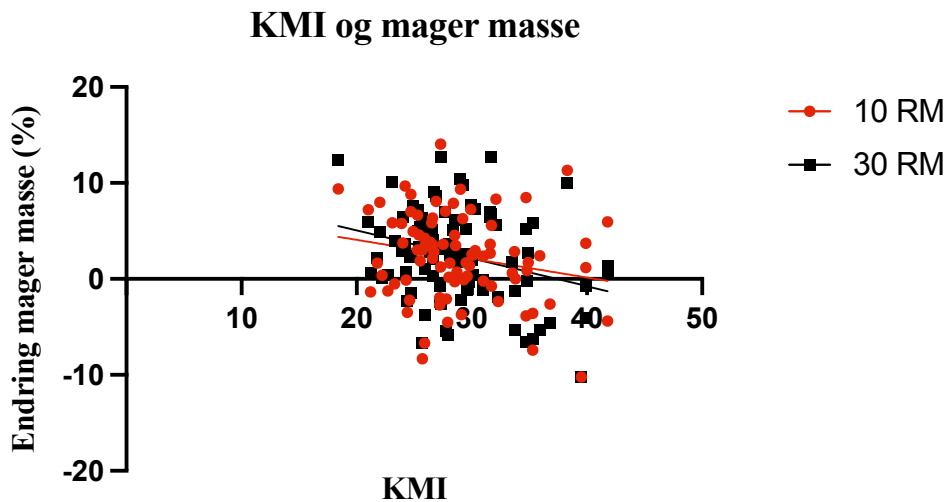
## 4.6 KMI

Resultatene viser en signifikant sammenheng mellom endringer i isometrisk muskelstyrke (%) og KMI. En regresjonsanalyse viser at forsøkspersoner med lavere KMI har en høyere respons på muskelstyrke etter styrketrening, og at responsen på muskelstyrke reduseres ved økende KMI. Dette gjelder både ved trening med 10 RM ( $p=0,03$ ) og 30 RM ( $p<0,001$ ), se figur 5. Det var ingen signifikant forskjell mellom regresjonslinjene for 10 RM og 30 RM i sammenheng med KMI ( $p=0,69$ ), men signifikant høyere utgangspunkt for regresjonslinjen for 10 RM ( $p<0,001$ ). Sammenhengen mellom 10 RM og KMI var svak, R- verdi 0,23, mens sammenhengen mellom 30 RM og KMI var middels sterk med R- verdi 0,37.



FIGUR 5: KMI OG ENDRING ISOMETRISK STYRKE (%). RØDE PRIKKER REPRESENTERER 10 RM, OG SVARTE FIRKANTER REPRESENTERER 30 RM.

Det var en signifikant sammenheng mellom økende KMI og redusert endring i mager masse (%), både for 10 RM ( $p=0,048$ ) og 30 RM, ( $p=0,005$ ) hos forsøkspersonene i denne studien, se figur 6. Sammenhengen mellom KMI og endring mager masse var svak, med R- verdi er 0,21 for 10 RM og 0,3 for 30 RM. Det var ingen signifikant forskjell mellom regresjonslinjene for mager masse etter trening med 10 RM og 30 RM og KMI ( $p=0,5$ ).

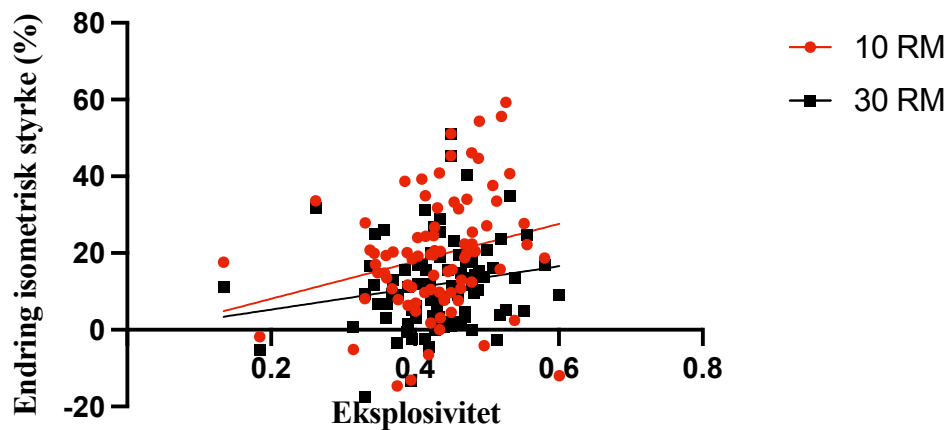


FIGUR 6: KMI OG ENDRING MAGER MASSE (%). RØDE PRIKKER REPRESENTERER 10 RM OG SVARTE FIRKANTER REPRESENTERER 30 RM.

#### 4.7 EKSPLOSIVITET

Sammenhengen mellom eksplosivitet og effekt på muskelstyrke er vist i figur 7. Den prosentvise endringen i muskelstyrke etter 13 uker trening er representert som ratio (10 RM/ 30 RM). Verdier over 0 forteller at trening med 10 RM gav større endring i muskelstyrke enn trening med 30 RM, og verdier under 0 forteller at trening med 30 RM gav størst endring i muskelstyrke. Resultatene viser signifikant sammenheng mellom eksplosivitet respons på styrketrening med 10 RM ( $p=0,028$ ). Det var ingen signifikant sammenheng mellom eksplosivitet og respons på muskelstyrke etter trening med 30 RM ( $p=0,10$ ). Det var heller ingen signifikant forskjell mellom regresjonslinjene for eksplosivitet og effekt på muskelstyrke etter trening med 10 RM og 30 RM ( $p=0,46$ ). Sammenhengen mellom eksplosivitet og respons på muskelstyrke var svak, med R- verdi etter trening med 10 RM på 0,24, og R-verdi for trening med 30 RM på 0,18.

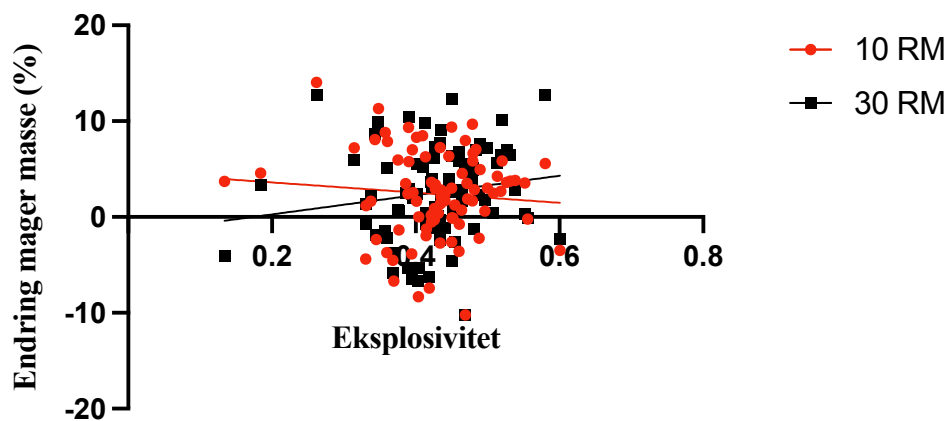
### Eksplisivitet og endring muskelstyrke (%)



FIGUR 7: EKSPLOSIVITET OG ENDRING MUSKELSTYRKE 10 RM OG 30 RM. RØDE PRIKKER 10 RM, SVARTE FIRKANTER 30 RM.

Resultatene viser ingen signifikant sammenheng mellom grad av eksplisivitet og endring av mager masse etter trening med 10 RM ( $p=0,42$ ) eller trening med 30 RM ( $p=0,15$ ). Det var ingen signifikant forskjell mellom regresjonslinjene for eksplisivitet og endring i mager masse etter trening med 10 RM og 30 RM ( $p=0,11$ ). Se figur 8.

### Eksplisivitet og endring mager masse (%)



FIGUR 8: EKSPLOSIVITET OG ENDRING MAGER MASSE (%), 10 RM OG 30 RM. RØDE PRIKKER 10 RM OG SVARTE FIRKANTER 30 RM.

## 5.0 Diskusjon

Målet med denne studien var å undersøke individuelle variasjoner respons til styrketrening, i form av muskelstyrke og muskelvekst, etter unilateral trening med 3x10 RM og 3x30 RM på bein i 13 uker. Videre var målet å undersøke hvorvidt individuell respons ble påvirket av kjønn, alder, KMI og/ eller eksplosivitet. Hovedfunnene i studien var:

- 1) Isometrisk muskelstyrke økte signifikant mer etter styrketrening med 10 RM enn med 30 RM på gruppenivå. På individnivå responderer enkelte med økt muskelstyrke etter trening både ved 10 RM og 30 RM, enten ved 10 RM eller 30 RM, mens andre hadde ingen respons etter trening på muskelvekst med verken 10 RM eller 30 RM.
- 2) Det var ingen signifikant forskjell i respons i form av muskelvekst mellom trening med 10 RM og 30 RM på gruppenivå. På individnivå responderer enkelte med økt muskelmasse etter trening både ved 10 RM og 30 RM, enten ved 10 RM eller 30 RM, mens andre hadde ingen respons på muskelmasse etter trening med verken 10 RM eller 30 RM..
- 3) Det var signifikant sammenheng mellom økning muskelstyrke og muskelmasse etter trening med 30 RM, men ingen signifikant sammenheng mellom økning muskelstyrke og økning muskelmasse etter trening med 10 RM.
- 4) Alder hadde ingen signifikant sammenheng med respons på muskelstyrke eller muskelvekst, og det var heller ingen signifikant forskjell mellom menn og kvinner.
- 5) Det var signifikant sammenheng mellom økende KMI og redusert respons etter styrketrening i form av muskelvekst og økning i muskelstyrke, både etter trening med 10 RM og 30 RM.
- 6) Det var signifikant sammenheng mellom grad av eksplosivitet ved pre-test og respons på muskelstyrke etter trening med 10 RM, ingen signifikant sammenheng med respons til trening med 30 RM.

### 5.1 Respons på muskelstyrke og muskelvekst

Denne studien finner at styrketrening to ganger i uken i 13 uker, med 10 RM eller 30 RM, resulterte i en endring som var større enn en effektstørrelse på 0,2 hos de aller fleste deltakerne, for både muskelstyrke og -vekst. Dette samsvarer med resultater fra tidligere studier som viser en generelt god effekt av styrketrening (Ahtiainen et al., 2016). Denne

studien viser en signifikant forskjell mellom 10 RM og 30 RM på gruppenivå, hvor trening med 10 RM generelt gir større økning i muskelstyrke. Trening med 10 RM er i samsvar med gjeldende anbefalinger for styrketrening (Bahr, 2009; Helsedirektoratet, 2022), og resultatene på at dette vil være en god anbefaling for flertallet av forsøkspersonene. Dette er i samsvar med tidligere studier, som finner at styrketrening med en intensitet over 70% av 1 RM generelt gir større effekt på muskelstyrke (Gonzales, 2016; Jenkins et al., 2017). Men dette gjelder ikke for alle deltagerne i studien, og resultatene viser at enkelte har bedre effekt av 30 RM, eventuelt ingen effekt av noen av treningsprotokollene etter 13 uker. Det kan tenkes at deltagerne som hadde best effekt på muskelstyrke etter trening med 30 RM i større grad hadde en økning i muskelstyrke basert på muskelvekst, da det var en signifikant sammenheng mellom muskelstyrke og muskelvekst etter trening med 30 RM i denne studien. Forsøkspersonene som hadde størst økning i styrke etter 10 RM har muligens hatt en større effektivisering av nevrale funksjoner, med tanke på at tidligere forskning har funnet at trening med høy belastning (over 80% av 1 RM) har større effekt på nevrale funksjoner (Jenkins et al., 2017).

Denne studien fant ingen signifikant forskjell mellom trening med 10 RM og 30 RM for økning i muskelmasse etter treningsperioden. For å oppnå muskelvekst anbefales styrketrening med et visst mekanisk drag og samtidig høyt metabolsk stress (Gonzales, 2016). Det kan tenkes at 30 RM gav for lavt mekanisk drag til å bidra til økt muskelmasse ved denne protokollen kontra 10 RM. I likhet med respons på muskelstyrke, var det i denne studien individuelle variasjoner når det kom til hvilken treningsprotokoll som gav størst endring i muskelmasse etter 13 uker styrketrening. Muskelvekst stimuleres gjennom aktivering av flere ulike signalveier, og det er fortsatt usikkerhet knyttet til hvordan disse fungerer, og nøyaktig hvordan signalveiene stimuleres (Schoenfeld, 2010; Smith & Rutherford, 1995; Taber et al., 2019). Det trengs mer kunnskap rundt funksjonen til de ulike signalveiene, og rundt hvorvidt det er individuelle forskjeller knyttet til disse. Det kan tenkes at signalveiene hos personer som responderer bedre på 30 RM enn på 10 RM stimuleres annerledes enn hos personer som responderer best på 10 RM.



Denne studien finner en signifikant sammenheng mellom endring i muskelvekst og muskelstyrke etter trening med 30 RM, men derimot ikke signifikant sammenheng etter trening med 10 RM. Sammenhengen for både 10 RM og 30 RM ut fra R- tallet er svak for begge protokoller. Sammenhengen mellom disse to variablene er diskutert, og det er uenighet hvorvidt variablene i det hele tatt har en sammenheng (Buckner et al., 2016; Taber et al., 2019). Tidligere studier som har sett på sammenhengen mellom endring i muskelstyrke og muskelvekst finner svak sammenheng mellom variablene (Ahtiainen et al., 2016; Buckner et al., 2016; Churchward-Venne et al., 2015). Den signifikante sammenhengen mellom muskelvekst og muskelstyrke etter trening med 30 RM som kom frem i denne studien indikerer at en større del av endringen i muskelstyrke ved denne treningsprotokollen skyldes muskelvekst enn etter trening med 10 RM. Effekt av styrketrening skjer gjennom en rekke ulike prosesser og signalveier (Martineau & Gardiner, 2002; Schoenfeld, 2010). Trening med 10 RM og 30 RM påvirker de ulike signalveiene forskjellig, og trening med 10 RM vil gi høyere mekanisk drag, mens trening med 30 RM vil sannsynligvis gi høyere metabolsk stress (Schoenfeld, 2010; Smith & Rutherford, 1995; Taber et al., 2019). En lavere nevralt tilpasning ved 30 RM kan muligens forklare den økte sammenhengen mellom muskelstyrke og muskelvekst ved denne belastningen, da økt nevralt respons er høyere etter styrketrening med høy belastning (Jenkins et al., 2017). Resultatene tyder på at 10 RM og 30 RM gir effekt på muskelstyrke på ulike måter, og at signalveier knyttet til muskelvekst muligens er av større relativ betydning for økning i muskelstyrke etter trening med 30 RM.

I denne studien hadde flertallet av forsøkspersonene respons i form av både økt muskelstyrke og muskelmasse etter trening med både 10 RM og 30 RM. Blant forsøkspersonene i denne studien viste 5 forsøkspersoner ingen økning i muskelstyrke og 21 forsøkspersoner hadde ingen økning i mager masse, for verken trening med 10 RM eller 30 RM. To av disse forsøkspersonene hadde ingen respons på trening med 10 RM eller 30 RM, på verken muskelstyrke, - eller vekst, og var de eneste som kan kalles non-respondere. De resterende forsøkspersonene viste respons på enten muskelstyrke, -eller vekst, og kan defineres som respondere. Den individuelle variasjonen hos forsøkspersonene som responderer best på enten 10 RM eller 30 RM tyder på at det er individuelle variasjoner i effekt, og at responsen på én styrketreningsprotokoll ikke nødvendigvis samsvarer med responsen på en annen protokoll. For individer med manglende effekt på begge treningsprotokoller kan det tenkes at respons på

styrketrening blir redusert av ytre påvirkningsfaktorer og/ eller genetikk. For personer med bedre effekt av enten 10 RM eller 30 RM vil det være mindre sannsynlighet for at dette er påvirket av ytre faktorer, da dette påvirker hele kroppen. Også i tidligere studier er det vist at innad i en gruppe er det individer med lav respons på enkelte målevariabler etter en periode med styrketrening (Ahtiainen et al., 2016; Churchward-Venne et al., 2015; Damas et al., 2018; Hubal et al., 2005). Churchward- Venne et al (2015) fant i sin studie at flere av forsøkspersonene ikke viste respons på muskelstyrke og /eller muskelvekst etter 12 uker, men at alle hadde effekt på minst ett av utfallsmålene etter 24 uker. Det kan argumenteres for at styrketreningsintervensjonen i vår studie er for kort til at alle forsøkspersonene ne hadde effekt på utfallsmålene etter 13 uker, og at flere forsøkspersoner ville vist større grad av respons ved lengre varighet på intervensjonen. Vår studie fant ingen faktorer knyttet til individene som viste størst respons etter trening med 30 RM, på muskelstyrke eller muskelvekst. Det trengs mer forskning for å identifisere hva som kjennetegner disse individene for å kunne identifisere forklaringsvariabler som øker sannsynlighet for en treningsprotokoll kontra en annen.

## 5.2 Kjønn og alder

Det var ingen signifikant forskjell i grad av respons i form av økning i muskelstyrke eller muskelvekst mellom kjønn. Dette samsvarer med en oversiktsartikkel fra 2020, som konkluderer med at kjønn ikke påvirker relativ endring i muskelvekst og muskelstyrke etter styrketrening (B. M. Roberts et al., 2020). Denne studien fant heller ingen signifikant sammenheng mellom alder og grad av respons på muskelvekst og muskelstyrke.

Muskelmasse reduseres gradvis fra 30 årene, og akselerer ytterligere etter 60 årene (Melton et al., 2000; Raastad et al., 2010), og det er vist en reduksjon i type II fibre hos eldre (Endo et al., 2020). Aldersspennet på forsøkspersonene dekker en gruppe som er i en prosess med gradvis reduksjon av muskelmasse, men det ser altså ikke ut til aldersrelatert reduksjon av muskelmasse påvirker relativ grad av respons innad i denne aldersgruppen.

### 5.3 KMI

Resultatene viser en signifikant redusert effekt av styrketrening, for både muskelvekst og muskelstyrke, ved økende KMI. Den reduserte effekten ved økende KMI sees etter trening med både 10 RM og 30 RM. Resultatene for respons etter trening på muskelstyrke viser signifikant høyere effekt av 10 RM, og så ikke ut til å være påvirket av KMI. Denne sammenhengen mellom KMI og redusert effekt på muskelstyrke og muskelvekst er i samsvar med tidligere studier (Gadducci et al., 2017; Koster et al., 2011; Tallis et al., 2018; Valenzuela et al., 2020). Høy KMI er assosiert med redusert muskelkvalitet. Det er omdiskutert hvorvidt høy KMI gir en endring av fibertypesammensetning i form av redusert antall type II fibre (Tallis et al., 2018). Fibertypesammensetning og individuell muskelkvalitet er ikke undersøkt i denne oppgaven, og det er usikkert hvorvidt dette er tilfelle for forsøkspersonene i denne studien. Et annet forhold som er aktuelt å trekke inn i denne sammenheng er at endring i muskelmasse i vår studie basert på målinger av mager masse med DXA scann. En av svakhetene ved denne målemetoden vil være redusert evne til å skille muskelmasse fra intramuskulært fett. En eventuell endring i muskelkvalitet i form av økt muskelmasse og redusert intramuskulært fett vil sannsynligvis ikke plukkes opp i disse målingene, og derfor påvirke resultatet. Det kan dermed tenkes at den reduserte økning i mager masse ved økende KMI gir et ufullstendig bilde på endringer i muskulaturen.

### 5.4 Eksplosivitet

Resultatene viser signifikant sammenheng mellom økt grad av eksplosivitet, og økt respons på muskelstyrke etter trening med 10 RM, men ikke for trening med 30 RM. Det var ingen signifikant sammenheng mellom grad av eksplosivitet og muskelvekst. Det er vist at eksplosive personer har en større andel type II fibre, som igjen har vist å ha større potensiale for muskelvekst og muskelstyrke sammenlignet med type I fibre (Ogborn & Schoenfeld, 2014). Potensielt høyere antall type II fibre kan ha bidratt til den økte responsen etter trening med 10 RM. Resultatene i denne studien viser at muskelvekst har signifikant sammenheng med økning i muskelstyrke etter trening med 30 RM. Da det ikke var sammenheng mellom eksplosivitet og muskelvekst, ei heller mellom eksplosivitet og muskelstyrke etter trening med 30 RM, kan det tyde på at sammenhengen mellom eksplosivitet og økning i

muskelstyrke ved trening med 10 RM skyldes andre faktorer enn muskelvekst. Målbar økning i muskelstyrke inntreffer tidligere enn muskelvekst (Raastad et al., 2010), og varigheten på treningsintervensjonen kan være en faktor som påvirker forholdet mellom eksplosivitet og muskelvekst. De mer eksplosive forsøkspersonene har sannsynligvis en høyere andel type II fibre enn de mindre eksplosive, men dette har vi ikke målt i denne studien og det kan derfor ikke vites med sikkerhet om dette er tilfelle.

## 5.5 Styrker og svakheter ved studien

Styrker ved denne studien er at det er designet som et randomisert kontrollert studie, som gir studien et godt grunnlag for å si noe om hvilken treningsprotokoll som har effekt. Studien har mange deltagere og har også et intraindividuell design hvor samme person har gjennomført to ulike treningsprotokoller. Dette gir grunnlag for å si noe om de individuelle variasjonene i effekt på ulike treningsprotokoller. Målemetodene er gjennomført med standardiserte tester og gode testprotokoller. Læringseffekten ved bruk av HUMAC på isometrisk og eksplosiv styrke er minimalisert gjennom at forsøkspersonene hadde to pretester, samt at HUMAC gjennomfører en prøverunde før selve testen gjennomføres. Alle treningsøkter er gjennomført med veiledning av idrettsstudenter, for å sikre god kvalitet på øktene.

Svakheter ved studien er at det ikke er tatt høyde for variasjoner i kosthold. Dette kan skjule forskjeller i proteininntak, som er en viktig faktor for potensiale for treningsrespons (Morton et al., 2018). Det er ikke brukt mål på stress eller søvn, som også kan påvirke den generelle effekten av styrketreningen. Det er usikkert om disse faktorene eventuelt påvirker trening med 10 og 30 RM forskjellig. Enkelte av forsøkspersonene har brukt lengre tid på treningsintervensjonen grunnet for eksempel sykdom, noe som har påvirket hyppigheten på treningen. Alle gjennomførte minimum 20 økter, men det er altså noe forskjell i frekvens. Tidligere studier har funnet en økt respons etter økt treningsvolum innad i en uke (Schoenfeld et al., 2017), og det kan ha påvirket respons hos deltagerne som hadde større avstand mellom økter. Bruk av DXA scann som mål på muskelvekst gir ikke et rent bilde på økning i muskelmasse, men inkluderer også intramuskulært fettvev og væske. Målingene her vil derfor gi et bilde på muskelvekst, men ikke kunne måle det helt nøyaktig. Det er ikke gjort rede for

forskjeller i fibertype sammensetning hos individene, og det er vanskelig å si med sikkerhet i hvilken grad det henger sammen med resultatene. Det er ikke undersøkt om alder og kjønn spiller inn på resultatene for sammenheng mellom muskelstyrke, - og vekst og KMI og eksplosivitet.

## 6.0 Konklusjon

Denne studien viser at de fleste forsøkspersonene som responderer godt på én styrketreningsprotokoll i stor grad også responderer godt på en annen, men det gjelder ikke alle og det er store individuelle variasjoner. De fleste vil ha høyest effekt på muskelstyrke etter trening med 10 RM. Muskelvekst og muskelstyrke har en signifikant sammenheng etter trening med 30 RM, som indikerer at en større del av økning i muskelstyrke etter trening med 30 RM skyldes muskelvekst. Individuer med høy KMI har større sannsynlighet for å ha redusert treningseffekt både i form av muskelstyrke og muskelvekst, mens høy grad av eksplosivitet øker sannsynlighet for sterk effekt på muskelstyrke etter trening med 10 RM. Det trengs flere studier for å kunne si noe om hvilke faktorer som kan forutsi treningseffekt i form av muskelstyrke og muskelvekst etter styrketrening hos et individ, og for å kunne komme med individuelle anbefalinger for valg av styrketreningsprotokoll.

## 7.0 Referanseliste

Ahtiainen, J. P., Walker, S., Peltonen, H., Holviala, J., Sillanpää, E., Karavirta, L., Sallinen, J., Mikkola, J., Valkeinen, H., Mero, A., Hulmi, J. J., & Häkkinen, K. (2016). Heterogeneity in resistance training-induced muscle strength and mass responses in men and women of different ages. *38, 1*(10). <https://doi-org.ezproxy.inn.no/10.1007/s11357-015-9870-1>

Andersen, J. L., & Aagaard, P. (2010). *Effects of strength training on muscle fiber types and size; consequences for athletes training for high-intensity sport. 20*(2), 32–38. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01196.x>

Bahr, R. (2009). *Aktivitetshåndboken, fysisk aktivitet i forebygging og behandling*. Helsedirektoratet.

Baroni, B. M., Geremia, J. M., Rodrigues, R., De Azevedo Franke, R., Karamanidis, K., & Vaz, M. A. (2013). *Muscle architecture adaptations to knee extensor eccentric training: Rectus femoris vs. Vastus lateralis. 48*(4), 498–506. <https://doi.org/10.1002/mus.23785>

Beals, J. W., Skinner, S. K., McKenna, C. F., Poozhikunnel, E. G., Farooqi, S. A., van Vliet, S., & Paluska, S. A. (2019). *Altered anabolic signalling and reduced stimulation of myofibrillar protein synthesis after feeding and resistance exercise in people with obesity. 596*(21), 5119–5133. <https://doi.org/10.1113/JP276210>

Brook, M. S., Wilkinson, D. J., Mitchell, W. K., Lund, J. N., Szewczyk, N. J., Greenhaff, P. L., & Atherton, P. J. (2015). *Skeletal muscle hypertrophy adaptations predominate in the early stages of resistance exercise training, matching deuterium oxide-derived measures of muscle protein synthesis and mechanistic target of rapamycin complex 1 signaling. 29*(11), 4485–4496. <https://doi.org/10.1096/fj.15-273755>

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. 54*(6), 1012–1014. <https://doi.org/10.1002/mus.25420>

Chrzanowski-Smith, O. J., Piatrikova, E., Betts, J. A., Williams, S., & Gonzales, J. T. (2020). *Variability in exercise physiology: Can capturing intra-individual variation help better understand true inter-individual responses? 20*(4), 452–460. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1655100>

Churchward-Venne, T. A., Tieland, M., Verdijk, L. B., Leenders, M., Dirks, M. L., M de Groot, L. C. P. G., & C van Loon, L. J. (2015). *There Are No Nonresponders to Resistance-Type Exercise Training in Older Men and Women. 16*(5). <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2015.01.071>

Consitt, L. A., Bell, J. A., & Houmard, J. A. (2009). *Intramuscular lipid metabolism, insulin action, and obesity. 61*(1), 47–55.

- Damas, F., Angleri, V., Phillips, S. M., Witard, O. C., Ugrinowitsch, C., Santanielo, N., Soligon, S. D., Costa, L. A., Lixandrão, M. E., Conceição, M. S., & Libardi, C. A. (2019). *Myofibrillar protein synthesis and muscle hypertrophy individualized responses to systematically changing resistance training variables in trained young men*. 127, 806–815. <https://doi.org/doi:10.1152/jappphysiol.00350.2019>.
- Damas, F., Barcelos, C., Nóbrega, S. R., Ugrinowitsch, C., Lixandrão, M. E., D.Santos, L. M. E., Conceição, M. S., Vechin, F. C., & Libardi, C. A. (2018). *Individual Muscle Hypertrophy and Strength Responses to High vs. Low Resistance Training Frequencies*. 33(4). <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002864>
- Damas, F., Philips, S. M., Libardi, C. A., Vechin, F. C., Lixandrão, M. E., Jannig, P. R., & Ugrinowitsch, C. (2016). *Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage*. 594(18), 5209–5222. <https://doi.org/10.1113/JP272472>
- 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*. 45(6), 801–807. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0320-0>
- Deschenes, M. R., & Kraemer, W. J. (2002). *Performance and physiologic adaptations to resistance training*. 81(11), 3–16. <https://doi.org/10.1097/00002060-200211001-00003>
- Endo, Y., Nourmahad, A., & Sinha, I. (2020). *Optimizing Skeletal Muscle Anabolic Response to Resistance Training in Aging*. 11:874. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00874>
- Gadducci, A. V., De Cleve, R., De Faria Santarém, G. C., Silva, P. R. S., Greve, J. M. D. A., & Santo, M. A. (2017). *Muscle strength and body composition in severe obesity*. *Clinics*, 72(5), 272-275. 72(5), 272–275. [https://doi.org/10.6061/clinics/2017\(05\)03](https://doi.org/10.6061/clinics/2017(05)03)
- Gonzales, A. M. (2016). *Acute Anabolic Response and Muscular Adaptation after Hypertrophy-Style and Strength-Style Resistance Exercise*. 30(10), 2959–2964. <https://doi.org/DOI:10.1519/JSC.0000000000001378>
- Gossens, G. H. (2017). *The Metabolic Phenotype in Obesity: Fat Mass, Body Fat Distribution, and Adipose Tissue Function*. 3, 207–215. <https://doi.org/207-215>. <https://doi.org/10.1159/000471488>
- Guh, D. P., Zhang, W., Bansback, N., Amarsi, Z., Birmingham, C. L., & Anis, A. H. (2009). *The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: A systematic review and meta-analysis*. 9(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-9-88>
- Hammarström, D., Øfsteng, S., Koll, L., Hanestadhaugen, M., Hollan, I., Apró, W., Whist, J. E., Blomstrand, E., Rønnestad, B. R., & Ellefsen, S. (2020). *Benefits of higher resistance-training volume are related to ribosome biogenesis*. 598, 3, 543–565. <https://doi.org/10.1113/JP278455>
- 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* 33

*Hypertrophy: Size Matters but So Does the Measurement.* 10(247).  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00247>

Helsedirektoratet. (2022). *Fysisk aktivitet i forebygging og behandling. 2. Voksne og eldre – generelle råd.* <https://www.helsedirektoratet.no/faglige-rad/fysisk-aktivitet-i-forebygging-og-behandling/voksne-og-eldre#voksne-rad-anbefaling-fysisk-aktivitet-150-300-minutter-per-uke-praktisk>

Hopkins, W. G. (2004). How to interpret changes in an athletic performance test. 8, 1–7.  
<https://doi.org/sportsci.org/jour/04/wghtests.htm>

Hopkins, W. G. (2012). *A scale of magnitudes for effect statistics.* 502.  
<http://www.sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>.

Hubal, M. J., Gordish-Dressman, H., Thompson, P. D., Price, T. B., Hoffman, E. P., Angenopoulos, T. J., Gordon, P. M., Moyna, N. M., Pescatello, L. S., Visich, P. S., Zoeller, R. F., Seip, R. L., & Clarkson, P. M. (2005). *Variability in muscle size and strength gain after unilateral resistance training.* 37(6), 964–972.  
<https://doi.org/doi:10.1249/01.mss.0000170469.90461.5f>

Hughes, D. C., Ellefsen, S., & Baar, K. (2018). *Adaptations to Endurance and Strength Training.* <https://doi.org/doi:10.1101/cshperspect.a029769>

Jenkins, N. D. M., Miramonti, A. A., Hill, E. C., Smith, C. M., Cochrane-Snyman, K. C., Housh, T. J., & Cramer, J. T. (2017). *Greater Neural Adaptations following High- vs. Low-Load Resistance Training.* 8(331). <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00331>

Kell, R. T. (2011). *The influence of periodized resistance training on strength changes in men and women.* 25(3), 735–744. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c69f22>

Koster, A., Ding, J., Stenshom, S., Caserotti, P., Houston, D. K., Nicklas, B. J., You, T., Lee, J. S., Visser, M., Newman, A. B., Schwartz, A. V., Cauley, J. A., Tylavsky, F. A., Goodpaster, B. H., Kritchevsky, S. B., & Harris, T. B. (2011). *Does the Amount of Fat Mass Predict Age-Related Loss of Lean Mass, Muscle Strength, and Muscle Quality in Older Adults?* 66A(8), 888–895. <https://doi.org/10.1093/gerona/qlr070>

Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. 36, 674–688.  
<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000121945.36635.61>

Krieger, J. W. (2009). *Single Versus Multiple Sets of Resistance Exercise: A Meta-Regression.* 23(6), 1890–1901. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b370be>

Linge, J., Petersson, M., Forsgren, M. F., Sanyal, A. J., & Dahlquist, L. O. (2021). *Adverse muscle composition predicts all-cause mortality in the UK Biobank imaging study.* 12(6), 1513–1526. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12834>



- Loenneke, J. P., Dankel, S. J., Bell, Z. W., Buckner, S. L., Mattocks, K. T., Jessee, M. B., & Abe, T. (2019). Loenneke JP, Dankel SJ, Bell ZW, et al. Is muscle growth a mechanism for increasing strength? *Medical Hypotheses*. 2019;125:51-56. 125, 51–56. <https://doi.org/doi:10.1016/j.mehy.2019.02.030>.
- MacInnis, M. J., McGlory, C., Gibala, M. J., & Phillips, S. M. (2017). *Investigating human skeletal muscle physiology with unilateral exercise models: When one limb is more powerful than two*. 42(6), 563–570. <https://doi.org/doi:10.1139/apnm-2016-0645>.
- 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*. 35, 657–663. [https://doi.org/10.1016/s0021-9290\(01\)00249-4](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(01)00249-4)
- Mayer, F., Scharhag-Rosenberger, F., Carlsohn, A., Cassel, M., Müller, S., & Scharhag, J. (2011). *The intensity and effects of strength training in the elderly*. 108(21), 359–364. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2011.0359>
- Melton, L. J. 3rd., Khosla, S., Crowson, C. S., O'Connor, M. K., O'Fallon, W. M., & Riggs, B. L. (2000). *Epidemiology of sarcopenia*. 48(6), 625–630.
- Metter, E. J., Talbot, L. A., Schrager, M., & Conwit, R. (2002). *Skeletal muscle strength as a predictor of all-cause mortality in healthy men*. 57(10), B359-65.
- Morton, R. W., Murphy, K. T., McKellar, S. R., Schoenfeld, B. J., Henselmans, M., Melms, E., & Philips, 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*. 52(6), 376–384. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097608>
- Ogborn, D., & Schoenfeld, B. J. (2014). *The Role of Fiber Types in Muscle Hypertrophy. Implications for Loading Strategies*. 36(2), 20–25. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000030>
- Peterson, M. D., Sen, A., & Gordin, P. M. (2011). *Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults: A meta-analysis*. 43(2), 249–258. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181eb6265>
- Pickering, C., & Kiely, J. (2019). *Do Non-Responders to Exercise Exist—And If So, What Should We Do About Them?* 49, 1–7. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-01041-1>
- Rahemi, H., Nigam, N., & Wakeling, J. (2015). *The effect of intramuscular fat on skeletal muscle mechanics: Implications for the elderly and obese*. 12(109). <https://doi.org/10.1098/rsif.2015.0365>
- Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. K., Housh, T. J., Kibler, B., Kraemer, W. J., & Triplett, T. (2009). *Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults*. <https://doi.org/DOI:10.1249/MSS.0b013e3181915670>

Roberts, B. M., Nuckols, G., & Krieger, J. W. (2020). *Sex differences in resistance training: A systematic review and meta-analysis*. 34(5), 1448–1460. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003521>

Roberts, M. D., Haun, C. T., Mobley, C. B., Mumford, P. W., Romero, M. A., Robertson, P. A., Vann, C. G., & McCarthy, J. J. (2018). *Physiological Differences Between Low Versus High Skeletal Muscle Hypertrophic Responders to Resistance Exercise Training: Current Perspectives and Future Research Directions*. 834(9). <https://doi.org/DOI>: <https://doi-org.ezproxy.inn.no/10.3389/fphys.2018.00834>

Raastad, T., G. Paulsen, Refsnes, P. E., Rønnestad, B. R., & Wisnes, A. R. (2010). *Styrketrening – i teori og praksis*. Gyldendal Undervisning.

Schoenfeld, B. J. (2010). *The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training*. 24(10), 2857–2872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>

Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). *Dose- Response Relationship Between Weekly Resistance Training Volume and Increase in Muscle Mass: A Systematic Review and Meta- Analysis*. 35(11), 1073–1082. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1210197>

Seabolt, L. A., Welch, E. B., & Silver, H. J. (2015). Imaging methods for analyzing body composition in human obesity and cardiometabolic disease. 1353, 1(41–59).

Seynnes, O. R., de Boer, M., & Narici, M. V. (2007). *Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training*. 102(1), 368–373. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00789.2006>

Smith, R. C., & Rutherford, O. M. (1995). *The role of metabolites in strength training*. 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*. 49(7), 993–997. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01107-8>

Tallis, J., James, R. S., & Seebacher F. (2018). *The effects of obesity on skeletal muscle contractile function*. 221(13). <https://doi.org/10.1242/jeb.163840>

Timmons, J. A. (2011). *Variability in training-induced skeletal muscle adaptation*. 110(3), 846–853. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00934.2010>

Valenzuela, P. L., Maffiuletti, N. A., Tringali, G., De Sol, A., & Sartorio, A. (2020). *Obesity-associated poor muscle quality: Prevalence and association with age, sex, and body mass index*. 21(200). <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03228-y>

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. 6:e5071. <https://doi.org/10.7717/peerj.5071>

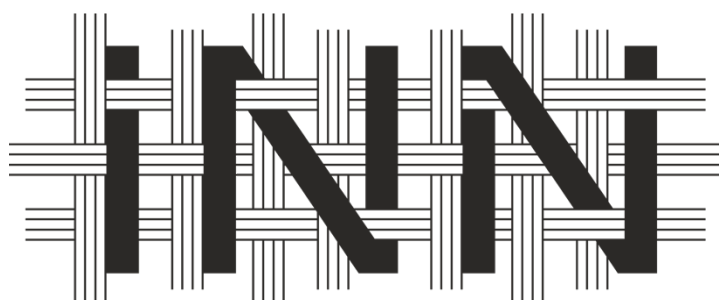
Westcott, W. L. (2012). *Resistance Training in Medicine*. 11(4), 209–216.  
<https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31825dabb8>

WHO. (2020). *Obesity*. WHO. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

Wolfe, R. R. (2006). *The underappreciated role of muscle in health and disease*. 84(3), 475–482. <https://doi.org/10.1093/ajcn/84.3.475>

## 7. 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 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

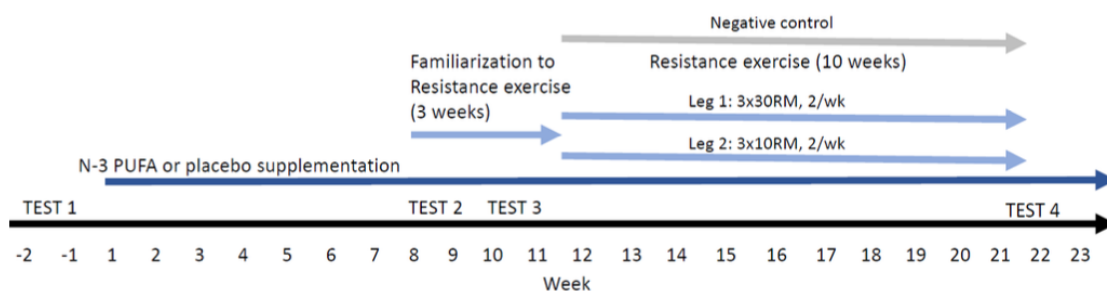
Intervensjonsgruppe	Referansegruppe
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Styrketester i beinpress og kneekstensjon (2xT1, 2xT2, T3, T4)</li> <li>• Utholdenhetstester               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 minutters step test (TEST 1, 2, 4)</li> <li>- Sykketest på ett bein (TEST 2, 4)</li> </ul> </li> <li>• Måling av kroppssammensetning med DXA- scan (TEST 1, 2, 3, 4)</li> <li>• Måling av muskeltvernsnittareal og fettinfiltrasjon med MR (TEST 2, 4)</li> <li>• Måling av midjeomkrets (TEST1, 2, 4)</li> <li>• Måling av muskeltykkelse i låret med Ultralyd (TEST 1, 2, 3, 4)</li> <li>• Oral glukosetoleransetest (TEST 1, 2, 4)</li> <li>• Blodprøver (TEST 1, 2, 3, 4)</li> <li>• Biopsier (TEST 1, 2, 3, 4)</li> <li>• Inntak av deuterium for måling av muskelproteinsyntese i lårmuskulaturen (tre siste ukene av treningsperioden)</li> <li>• Blodtrykk (TEST 1, 2, 4)</li> <li>• Spørreskjema om helse, muskel- og skjellet- plager (TEST 1, 2, 4)</li> <li>• Kostregistreings skjema (TEST 1, 2, 4)</li> <li>• Avføringsprøver (TEST 1, 2, 4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Styrketester i beinpress og kneekstensjon (2xTEST2, TEST4)</li> <li>• Måling av kroppssammensetning med DXA- scan (TEST 2, 4)</li> <li>• Måling av midjeomkrets (TEST1, 2, 4)</li> <li>• Oral glukosetoleransetest (TEST 2, 4)</li> <li>• Blodprøver (TEST 2, 4)</li> <li>• Biopsier (TEST 2, 4)</li> <li>• Spørreskjema om helse, muskel- og skjellet- plager (TEST 2, 4)</li> </ul> <p>Kostregistreings skjema (TEST 2, 4)</p>

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 samarbeidspartnerne 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.....