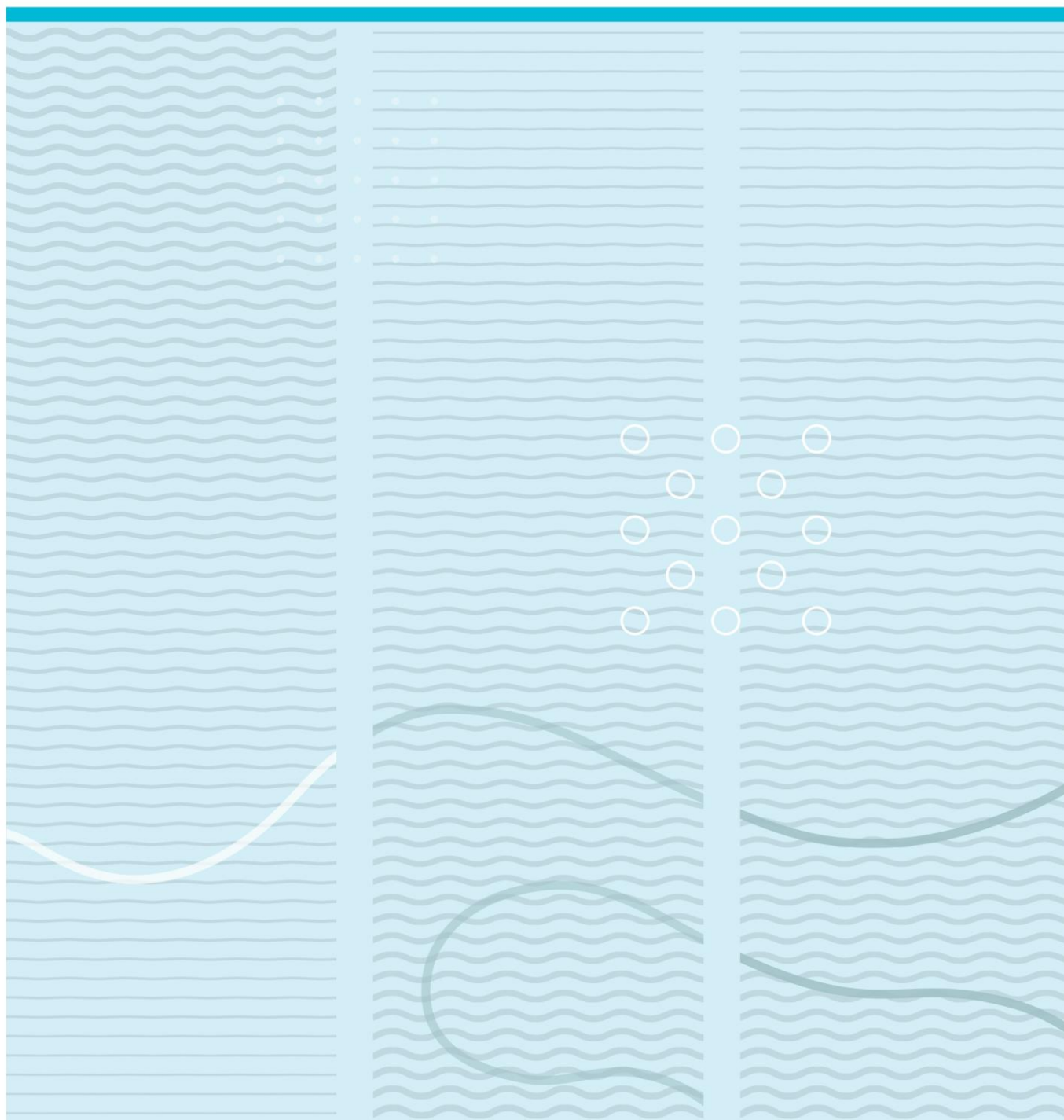


Simen Aarvig

Effekten av maksimal styrketrening hos yngre og eldre voksne

Denne masteroppgaven undersøkte om alderen begrenset styrkerespons etter maksimal styrketrening og i hvilken grad fremgangen i muskelstyrke kunne skyldes hypertrofi



Høgskolen i Sørøst Norge

Fakultet for humaniora, idretts- og utdanningsvitenskap

Institutt for friluftsliv, idrett og kroppsøving

Hallvard Eikas plass, Gullbringvegen 36

3800 Bø i Telemark

<https://www.usn.no/>

© 2017 Simen Aarvig

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

Sammendrag

Hensikt: Denne studien undersøkte om muskelstyrketilpasning var aldersbegrenset etter maksimal styrketrening (MST) og om fremgang i muskelstyrke kunne skyldes hypertrofi. Effekten ble undersøkt i en repetisjon maksimum (1RM), power, totalvolum og muskelvolum av lår.

Metode: 14 kvinner og menn ble systematisk fordelt i to aldersgrupper: 20 – 49 år og 50 – 70+. Den yngre (N= 7, 3 kvinner og 4 menn, 38.43±9.95 år) og eldre (N= 7, 3 kvinner og 4 menn, 61.57±9.22 år) intervensjonsgruppen trente beinpress fire sett og 4RM, tre ganger i uken over åtte uker, som et supplement til deres normale aktivitet. Treningsgraden deres varierte fra utrent og trent.

Resultater: Intervensjonen resulterte i signifikant fremgang i 1RM hos yngre (30.05%) og eldre (24.53%). Det ble ikke funnet signifikant forskjell mellom aldersgruppene i fremgangen. Den yngre gruppen opplevde signifikant nedgang i total muskelvolum (-3.62%), mens volumet var uendret hos de eldre. Forskjellen mellom gruppene var likevel ikke signifikant. Ingen endringer ble funnet i power, muskelvolum lår og kroppsvekt hos de yngre og eldre etter treningen.

Konklusjoner: Resultater fra den foreliggende studien viste at MST over åtte uker i ingen grad var aldersbegrenset for å øke maksimal styrke. Økt maksimal styrke kunne ikke direkte forklares av en økning i muskelvolum (hypertrofi) hos hverken de yngre eller de eldre forsøkspersonene i denne oppgaven.

Nøkkelord: Maksimal styrketrening, muskelstyrke, muskelmasse, sentralnervesystemet, alder, beinpress.

Forord

Det siste året har vært en lærerik og spennende prosess. Jeg har blitt kjent med mange mennesker som jeg har satt stor pris på. I den forbindelse ønsker jeg å takke alle de som har bidratt til arbeidet mitt:

Veileder Øyvind Støren, en inspirerende og kunnskapsrik fysiolog som har kommet med konstruktiv kritikk, innspill og hjulpet med analyse av data.

Prosjektleder Hans Torvild Kittilsen som inkluderte meg i prosjektet, tok seg tid til å lese masterarbeidet og ikke minst svarte på alle de tusen mailene jeg sendte.

Testpersoner og testledere, uten dere hadde ikke oppgaven min vært mulig å gjennomføre.

Høgskolen i Sørøst Norge, avdeling Notodden og Bø som har gitt meg lærdom, motivasjon og inspirasjon i fem år. Ansatte ved biblioteket til Høgskolen i Bø som under hele perioden har sendt litteratur til arbeidsplassen min på Kolbotn.

Foreldre og min forlovede, for at de har støttet og motivert meg under hele studentperioden.

Tusen takk!

Simen Aarvig

Bø, Mai 2017

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
Forord	2
1.0 Introduksjon	5
1.1 Problemstilling.....	6
1.1.1 Underproblemstilling	6
2.0 Teori	7
2.1 Hva bestemmer maksimal muskelstyrke?	7
2.1.1 Kraftutvikling.....	7
2.1.2 Tverrsnitt.....	7
2.1.3 Stimuli for muskelvekst	8
2.1.4 Muskelens festepunkt.....	9
2.1.5 Aktivering av motoriske enheter og fyringsfrekvens.....	9
2.1.6 Tverrbrosyklusene.....	10
2.1.7 Maksimal Power	11
2.1.8 Hastigheten på kraftutviklingen	11
2.1.9 Samspill mellom agonist, antagonist og synergist.....	12
2.1.10 Treningsstatus	12
2.1.11 Arvelige egenskaper.....	13
2.2 Aldersrelaterte endringer i maksimal muskelstyrke	14
2.2.1 Muskelstyrke og alder.....	14
2.2.2 Muskelmasse og alder.....	14
2.2.3 Sentralnervesystemet og alder	19
2.3 Styrketreningsadaptsjoner	21
2.3.1 Kraftutvikling.....	21
2.3.2 Tverrsnitt.....	21
2.3.3 Aktivering av motoriske enheter og fyringsfrekvens.....	23
2.3.4 Hastigheten på kraftutviklingen	24
2.4 Maksimal styrketrening	24
2.4.1 Effekt på styrke, RFD, power, toppkraft og hypertrofi.....	24
3.0 Metode.....	28
3.1 Utvalg	28
3.1.1 Inklusjon- og eksklusjonskriterier.....	28

3.1.2 Inndeling i grupper.....	30
3.2 Testprotokoll.....	30
3.2.1 Forhåndsregler	30
3.2.2 Antropometrisk måling	30
3.2.3 Måling av muskelstyrke	31
3.2.4 1RM beinpress	32
3.3 Trening.....	33
3.4 Statistikk	34
4.0 Resultater.....	35
4.1 1RM og Power.....	37
4.2 Totalvolum lår og muskelvolum lår	38
4.3 Korrelasjonsanalyse mellom utgangsnivå og fremgang	39
5.0 Diskusjon.....	40
5.1 Maksimal styrke	40
5.2 Lik fremgang i maksimal styrke og power blant de unge og de eldre.....	42
5.3 Tverrsnitt	43
5.4 Ikke sammenheng mellom utgangsnivå og fremgang	44
5.5 Fysisk aktivitet.....	44
5.6 Forskjeller mellom aldersgruppene	45
5.7 Styrker og svakheter med studien.....	46
5.7.1 Utvalg.....	46
5.7.2 Testprotokoll	47
5.7.3 Trening	49
6.0 Konklusjon	51
Referanser.....	52

1.0 Introduksjon

Økt maksimal muskelstyrke kan forklares gjennom to mekanismer, hypertrofi av musklene og en nervøs tilpasning av nervesystemet (Raastad, Paulsen, Refsnes, Rønnestad, & Wisnes, 2010). Tverrsnittet til muskelgruppen er den viktigste faktoren for kraftutvikling i en muskelaksjon (McArdle, Katch, & Katch, 2015). Når muskelen er maksimalt aktivert kan den skape et drag i en sene tilsvarende 20 - 30N per cm² tverrsnittsareal (Raastad et al., 2010). Videre er styrke avhengig av hvor mange og hvilke motoriske enheter nervesystemet rekrutterer og aktiverer, fyringsfrekvensen i enhetene, samt synkronisering og samspill mellom muskelgrupper (Sale, 1988; Raastad et al., 2010; Staudenmann, Roeleveld, Stegeman, & van Dieën, 2010; Maffiuletti et al., 2016).

Det er velkjent at muskelstyrke reduseres med økende alder (Macaluso et al., 2002; Morse et al., 2004). Reduseringen kan knyttes til atrofi av muskelmasse, som har vist å begynne allerede i 25 års alderen, men fallet ble først virkelig synlig etter 50 års alderen (Lexell, Taylor, & Sjöström, 1988). Aldringsprosessen har vist å påvirke størrelsen og andelen type II fibre (Lexell & Taylor, 1991b), noe som hemmer muskelens evne til å utvikle kraft (Doherty, 2003). Det er også foreslått at aldersrelaterte endringer i muskelstyrke ikke bare kan knyttes til redusert muskelmasse, men at et bidrag til reduseringen også skyldes en gradvis nedbrytning av nervesystemet (Macaluso et al., 2002; Vandervoort, 2002; Unhjem, Lundestad, Fimland, Mosti, & Wang, 2015). Aldersrelatert redusert muskelstyrke kan også knyttes til endringer i kosthold, fysisk aktivitet og hormoner (Rantanen, Era, & Heikkinen, 1997; Roubenoff & Hughes, 2000).

Begrepet maksimal styrketrening (MST) blir brukt til å beskrive styrketrening med høy belastning og få repetisjoner (Hoff et al., 2007). Treningsformen utføres med belastning fra 80 % av en repetisjon maksimum (1RM) og har vist å ha stor effekt på power, rate of force development (RFD) og muskelstyrke på yngre og eldre testpersoner (Hoff et al., 2007; Støren, Helgerud, Støa, & Hoff, 2008; Sunde et al., 2010; Wang et al., 2010). Økningene har forekommet med kun små endringer i kroppsmasse. Fremgangen er derfor et resultat av hovedsakelig nervøse faktorer. Etter min kjennskap har tidligere MST-studier hovedsakelig undersøkt forsøkspersoner i spesifikke aldersgrupper, men få har systematisk sett på forskjellige aldersgrupper i samme studie. Bare en liten andel av studiene har undersøkt hvordan fremgangen i muskelstyrke kan ha blitt påvirket av hypertrofi (Campos et al., 2002;

Barret-O'Keefe, Helgerud, Wagner, & Richardson, 2012; Heggelund, Fimland, Helgerud, & Hoff, 2013; Wang et al., 2017).

1.1 Problemstilling

På bakgrunn av tematikken var hensikten til denne masteroppgaven å undersøke om de eldres dårligere utgangspunkt begrenset styrkerespons etter MST og om muskelstyrkefremgang kunne skyldes hypertrofi hos gruppene. Det ble utarbeidet følgende problemstillinger:

Er alder en begrensning for å øke maksimal styrke over åtte uker?

1.1.1 Underproblemstilling

I hvor stor grad kan styrkeøkningen skyldes økt muskeltverrsnitt hos de yngre og de eldre deltakerne?

Hypotesen var at MST utført i beinpress i ingen grad var aldersbegrenset for å øke muskelstyrke og at fremgang i maksimal styrke forekom uten økt muskeltverrsnitt.

2.0 Teori

2.1 Hva bestemmer maksimal muskelstyrke?

2.1.1 Kraftutvikling

Generering av kraft handler om grad av tverrbrodannelse i de enkelte muskelfibre (Canepari, Pellegrino, D'Antona, & Bottinelli, 2010). Bindevev-komponentet i skjelettmuskulaturen overfører kraften som produseres mellom myosin og aktin i hver myofiber, til fascien og videre til senene (Huijing, 1999; Kjaer, 2004; McArdle, Katch & Katch, 2007; Patel & Lieber, 1997, referert i Trappe, 2009, s. 460). Oppgaven til senene er å overføre kraften til knokler og bein for å skape bevegelse (Huijing, 1999). Senedraget bestemmer så kraften i bevegelsen av knoklene (Raastad et al., 2010). For å klare dette er det viktig at også senen er sterk og tilpasningsdyktig (Raastad et al., 2010). En fjærstiv sene vil overføre kraft raskere fra muskler til bein (Narici, Maffulli, & Maganaris, 2008).

2.1.2 Tverrsnitt

Muskelgruppens tverrsnitt er den viktigste faktoren for kraftutvikling ved langsomme forkortningshastigheter (McArdle et al., 2015). Tverrsnittet kan variere i størrelse fra utspring til feste og det er derfor viktig at målinger av muskler blir foretatt på det største tverrsnittsarealet (Raastad et al., 2010). Når en muskel er maksimalt aktivert og i optimal lengde i en isometrisk kontraksjon, kan den skape et drag i en sene tilsvarende 20 - 30N per cm² tverrsnittsareal (Raastad et al., 2010). Sammenhengen mellom tverrsnitt og muskelstyrke ligger i antall sarkomer eller aktive tverrbror, som finnes i pararell i en muskel, og mindre på serier innen et gitt volum i en muskel (Behm & Sale, 1993; Bamman, Newcomer, Larson-Meyer, Weinsier, & Hunter, 2000). En økning i muskeltverrsnittet vil påvirke kraftutviklingen ved at flere tverrbror i parallell skaper mer kraft (Raastad et al., 2010). Et mindre tverrsnitt, noe som resulterer i færre tverrbrodannelser, vil medføre en lavere evne til å produsere kraft (Trappe, 2009).

Arkitekturen og det anatomiske tverrsnittet er faktorer som bestemmer kraftutviklingen til en muskel (Blazevich, Cannavan, Coleman, & Horne, 2007; Raastad et al., 2010). Muskelens arkitektoniske indeks bestemmes først og fremst av om det er en fjærformet eller en spoleformet muskel (Raastad et al., 2010; Dahl & Jensen, 2016). Muskelfibreordningen, om fibre er skråstilt (fjærformet) eller parallelt (spoleformet) med muskelens lengderetning, har

en betydning for kraft og forkortningshastighet, siden skråstilte fibre gir et større fysiologisk tverrsnitt i lengderetningen (Raastad et al., 2010). Økninger i fiber pennasjonsvinkel kan forbedre muskelens kraftkapasitet ved at større muskelmasse kan festes til et gitt område av en sene (Kawakami, Abe, & Fukunaga, 1993; Blazevich, Gill, Bronks, & Newton, 2003). Større pennasjonsvinkel kan forekomme som et resultat av muskelhypertrofi (Kawakami et al., 1993).

2.1.3 Stimuli for muskelvekst

I muskelceller kan hver enkelt fiber vokse ved at innholdet av kontraktile proteiner øker (Phillips, 2000). Økt proteintetthet i muskelfibrene virker stimulerende for å øke fiberstørrelse. Økningen av volumet til fibrene blir kalt for hypertrofi (Phillips, 2000). Større volum kan også forekomme ved dannelse av flere muskelfibre, kalt hyperplasi (Kraemer, Ratamess, & French, 2002b; Paul & Rosenthal, 2002), men er i hovedsak vist i dyreforsøk og det er noe omdiskutert i hvilken grad dette forekommer hos mennesker grunnet nåtidens måleverktøy (Antonio & Gonvea, 1993; Folland & Williams, 2007; Raastad et al., 2010). Kontraktile proteiner i muskelfibrene kan øke gjennom større proteinsyntesehastighet eller ved redusert proteindegraderingshastighet, eller en kombinasjon av disse (Biolo, Tinton, Klein, & Wolfe, 1997; Raastad et al., 2010). Det er vist at proteinsyntesen i skjelettmuskulatur økte etter styrketrening og var på topp cirka 24 timer etter økten. Der holdt den seg stabil i 2 - 3 timer og sank deretter gradvis, men viste fortsatt høyere verdier 36 timer etter treningsøkten (Biolo et al., 1997; Kraemer et al., 2002b).

Muskelvekst kan påvirkes gjennom et stort mekanisk drag i muskelen eller et metabolsk stress i fibrene (Kraemer et al., 2002b; Goto, Ishii, Kizuka, & Takamatsu, 2005). Metabolsk stress kan påvirkes på forskjellige måter, men det mekaniske draget er avhengig av motstanden (Raastad et al., 2010). Det er vist at muskelnedbryting i form av et mekanisk drag eller metabolsk stress er nødvendig for hypertrofi (Kraemer et al., 2002b). Den etterpåfølgende vevoppbygningsprosessen påvirkes i stor grad av lokale vekstfaktorer og hormoner, som øker under og etter en styrketreningsøkt (Kraemer, Marchite, & Gordon, 1990; Kraemer et al., 1991; Kraemer et al., 2002b). Satelittceller påvirkes også av faktorene, slik at det blir en balanse mellom nye cellekjerner og muskelcellevolum fra satelittcellene (Raastad et al., 2010).

2.1.4 Muskelens festepunkt

Den korteste avstanden fra leddets omdreiningsakse til muskelkraftens virkelinje over leddet blir omtalt som momentaren til en muskel over et ledd (Maganaris, 2000; Raastad et al., 2010). Momentaren er bestemt av arv og variasjoner kan derfor oppstå i hvor gunstig en momentar over et ledd er (Raastad et al., 2010). Variasjonene kan av den grunn bestemme hvorfor enkelte med mindre muskelmasse kan skape samme eller større dreiemoment som en med større muskelmasse (Raastad et al., 2010).

2.1.5 Aktivering av motoriske enheter og fyringsfrekvens

Muskelstyrke er ikke bare avhengig av mengden og kvaliteten av involverte muskler, men også evnen nervesystemet kan rekruttere og aktivere musklene til et arbeid (Sale, 1988). Den direkte kontrollen av rekruttering og aktivering handler om hvilke og hvor mange motoriske enheter som blir rekruttert, samt fyringsfrekvensen i aksonene hos disse (Milner-Brown & Stein, 1975; Staudenmann et al., 2010; Maffioletti et al., 2016). Motoriske enheter i skjelettmuskulatur varierer i størrelse i muskelgrupper og hos individer (Johnson, Polgar, Weightman, & Appleton, 1973). Rekruttering av motoriske enheter i muskler foregår etter et hierarkisk system (Hennemann, 1957). Det er nok å rekruttere de minste enhetene dersom det er behov for liten kraft, men etterhvert som kraftbehovet stiger vil større og flere enheter stadig aktiveres (Milner-Brown, Stein, & Yemm, 1973a; Farina, Fosci, & Merletti, 2002). Ved liten kraft er det hovedsakelig de små type I enhetene som rekrutteres (Farina et al., 2002). Ved større og maksimal kraft rekrutteres type II enheter (Farina et al., 2002). I større muskelgrupper vil vi hovedsakelig bruke antall enheter rekruttert til kraftregulering til rundt 80 % av maksimal kraft, deretter må fyringsfrekvensen i hver enkelt enhet reguleres de siste før maksimal kraft kan oppnås (Milner-Brown, Stein, & Yemm, 1972; Milner-Brown et al., 1973a; Milner-Brown, Stein, & Yemm 1973b). Type I fibre trenger lavere fyringsfrekvens enn type II fibre for å nå maksimal kraft (Behm & Sale, 1993; Raastad et al., 2010). Mennesker uten styrketreningserfaring har ikke samme evne til å rekruttere alle høyterskelenhetene gjennom fyringsfrekvensen, men dette kan innlæres på kort tid gjennom eksplosive øvelser og styrketrening (Shield & Zhou, 2004; Raastad et al., 2010).

2.1.6 Tverrbrosyklusene

Muskelfibre tilhørende en motorisk enhet er avhengig av et utløst aksjonspotensiale for å kontrahere (Hof, 1997). Aksjonspotensialene bestemmer mengden kalsium (Ca) i cytosol, som frigis fra sarkoplasmatiske retikulum (SR), og Ca bestemmer antall tverrbroer i inngrep (Raastad et al., 2010). Konsentrasjonen av Ca bestemmer også spenningen i en uthvilt fiber, fordi Ca-bindingen til troponin C gjør at tropomyosintråden rundt aktinfilamentene flytter seg (McArdle et al., 2007; Raastad et al., 2010). Dette fører til at bindingssteder på aktin blir frigjort og myosinhodene kan feste seg (Raastad et al., 2010). Et nytt utslipp av Ca fra SR før forrige utslipp er pumpet tilbake, øker Ca-konsentrasjonen. Kraften stiger med økende Ca-konsentrasjon, helt frem til en gitt verdi. Deretter slutter kraften å stige, selv når Ca-konsentrasjonen fortsetter å øke. Ved denne verdien er alle bindingsstedene på aktin frigjort og det fører til en maksimal interaksjon mellom myosin og aktin (Raastad et al., 2010). Motoriske enheter aktiveres ikke normalt gjennom en stabil frekvens, men ofte vil frekvensen til de første aksjonspotensialene være høyere enn nødvendig for å oppnå maksimal kraft (Raastad et al., 2010). Dersom det er to eller tre aksjonspotensialer rett etter hverandre blir disse kalt for dubletter eller tripletter (Raastad et al., 2010). Oppgaven deres er å øke kalsiumkonsentrasjonen fort, slik at den kan opprettholdes med en lavere frekvens (Van Cutsem, Duchateau, & Hainaut, 1998; Raastad et al., 2010). Tilgjengelig energi av adenosintrifosfat (ATP) fra mitokondriene er nødvendig for at prosessen skal kunne gjentas (Sand, Sjaastad, & Haug, 2001; Dahl & Jensen 2016). Myosinhodene har i tillegg til et aktinbindende område også et område som binder ATP (Sand et al., 2001). Når ATP-molekylet fester seg, slipper myosinhodet tak i aktinet igjen (Sand et al., 2001; McArdle et al., 2007). Prosessen gjentas så lenge Ca-nivået er høyt og muskelcellen har tilstrekkelig med ATP (Sand et al., 2001; McArdle et al., 2007). Den allerede tilgjengelige ATPen i muskelcellene er kun tilstrekkelig for noen sekunders aktivitet og kroppen må deretter spalte intracellulært glykogen og syntetisere mer ATP (McArdle et al., 2007; Dahl & Jensen, 2016).

Hvilken type myosinkjede en skjelettmuskelfiber inneholder er viktig for muskelkraften (Trappe, 2009). Hos mennesker er det tre typer myosinkjeder: type I, IIA og IIX, som finnes i varierende grad i hver enkelt muskelfiber (Schiaffino & Reggiani, 1994; Schiaffino & Reggiani, 1996). Sammensetningen av fibertypene er hovedsakelig genetisk bestemt, men er også karakterisert som tilpasningsdyktige (Simoneau & Bouchard, 1995). De individuelle forskjellene av muskelfibertyper har vist å variere mellom 25 – 80 % i vastus lateralis på en randomisert gruppe med 21 utrente menn (Bangsbo & Larsen, 2001). Det er viktig å merke

seg at type IIX fibre rekrutteres sist i rekrutteringshierarkiet og krever høyere fyringsfrekvens i motonevronene for å bli aktivert (Hennemann, 1957). IIX har også den laveste oksidative kapasiteten og er sett å konvertere til type IIA etter styrketreningsperioder (Staron et al., 1994; Campos et al., 2002). Konverteringen kan forekomme allerede etter få treningsøkter (Staron et al., 1994), men er avhengig av at belastningen er tung nok (Harber, Fry, Rubin, Smith, & Weiss, 2004). Myosinkjede type IIA fibre produserer seks ganger mer kraft og type IIX fibre produserer opptil 20 ganger mer kraft enn type I fibre (Trappe, 2009). Kraftutviklingen er større i type II fibre hovedsakelig fordi type II fibre spalter ATP hurtigere enn type I fibre (Fitts & Widrick, 1996). Dette gjør at type I fibre er foretrukket i aktiviteter som krever aerob kapasitet (Fitts & Widrick, 1996).

2.1.7 Maksimal Power

Muskel-power er produktet av kraftgenerering og hastigheten på sammentrekningen (Henwood & Taaffe, 2005). Maksimalpower representerer samhandlingen mellom nervøse og muskulære faktorer og er en indikator for integriteten til det nevromuskulære systemet hos mennesker (Martin, Farrar, Wagner, & Spirduso, 2000). Foldvari et al. (2000) rapporterte at beinpresspower, i stedet for muskelstyrke hos de eldre, var en prediktor for funksjonell status. Power bestemmes av kraften som genereres ved en hastighet over en viss arbeidsvei (Raastad et al., 2010). For å utvikle maksimalpower er det en fordel med en større andel type II fibre (Fry et al., 2003a; Fry et al., 2003b). Stor maksimal styrke og hastighet på kraftutvikling, kombinert med gunstig momentarm over et ledd og lav kroppsvekt, fører til høy power (Kraemer & Newton, 2000).

2.1.8 Hastigheten på kraftutviklingen

Egenskapen til å skape moment eller kraft så raskt som mulig gjennom en hurtig sammentrekning fra lavt eller hvilende nivå, blir også omtalt som RFD (Maffiuletti et al., 2016). Stor RFD er viktig for å skape stor power, fordi tiden på å utvikle kraft er avgjørende i hurtige bevegelser (Raastad et al., 2010). I beinpress er RFD viktig når individet skal løfte fra en 90° vinkel i kneleddet. Da gjelder det å snu bevegelsen fra eksentrisk til konsentrisk akkurat ved 90°. Det er viktig å motivere forsøkspersonene til å mobilisere før selve løftet starter (Raastad et al., 2010). Det er også kjent at opphisselse påvirker nervøse signaler og

muskelaktivering, som kan øke fysisk prestasjon, muskelstyrke og muligens RFD (Jokela & Hanin, 1999; Schmidt et al., 2009; Maffiuletti et al., 2016).

Fibertypesammensetning er også avgjørende for RFD. Type II fibre har evnen til å spenne opp fibre raskt, som medfører raskere kraftstigning i en isometrisk muskelaksjon (Buchthal & Schmalbruch, 1970; Harridge et al., 1996). For i det hele tatt å aktivere type II fibre kreves en høyere fyringsfrekvens med en stor kalsiumfrigjøring, slik at type II fibre enten ikke aktiveres, eller så aktiveres de og da med en høyere kalsiumfrigjøring (Raastad et al., 2010). Den høyere kalsiumfrigjøringen gir da en raskere tverrbrosyklus (Bottinelli, Canepari, Pellegrino, & Reggiani, 1996; Raastad et al., 2010). Evnen til å produsere kraft hurtig er dermed hovedsakelig avhengig av økningen i muskelaktivering i begynnelsen av sammentrekningen (de Ruyter, Kooistra, Paalman, & de Haan, 2004; Maffiuletti et al., 2016).

2.1.9 Samspill mellom agonist, antagonist og synergist

Ved dreiemoment over ledd er det som regel flere aktiverte muskler (Raastad et al., 2010).

Agonister (hovedbevegere) og synergister (hjelpebevegere) er muskler som samspiller i dreiemomentet over ledd (Sale, 1988; Raastad et al., 2010). På andre siden av leddet har antagonistene (motbevegere) sine senedrag og jobber således mot den aktuelle bevegelsen (Raastad et al., 2010). Antagonistens funksjon er å stabilisere et ledd uten at det påvirker dreiemomentet vi ønsker å skape (Sale, 1988; Raastad et al., 2010). For sterk aktivering av antagonistene kan føre til at agonistene og synergistenes aktivitet må øke, som kan resultere i økt energiforbruk og for lite bevegelseskraft (Izquierdo et al., 1999; Raastad et al., 2010).

Videre kan for liten antagonist aktivering føre til dårligere koordinerte bevegelser (Raastad et al., 2010). Kraft og tidspunkt for anvendelse av kraft må optimaliseres i samarbeidende muskler, slik at netto bevegelseskraft som skapes blir høyest mulig uten at det går på bekostning av koordinasjonen (Raastad et al., 2010). Koordinasjon av de involverte musklene kan oppsummeres gjennom hvor god teknikken i bevegelsen er (Rutherford & Jones, 1986; Sale, 1988).

2.1.10 Treningsstatus

Menneskers treningsstatus er avgjørende for i hvilken grad man responderer i muskelstyrke etter treningsintervensjoner. Utrente individer, uten treningserfaring eller de som ikke har trent på mange år, responderer meget bra i maksimal styrke på flere treningsprotokoller

(Campos et al., 2002; Kraemer et al., 2002a; Harber et al., 2004). Styrkeøkninger varierer mye mellom utrente og trente, hvor trente individer viste saktere fremgang (Kraemer et al., 2002a).

Det er viktig å merke seg at forskjeller kan oppstå dersom individer har erfaring fra styrketrening tidligere. Dette viste seg i såkalte detreningstudier. En av studiene rapporterte at 26 uker uten styrketrening resulterte i 5 % lavere 1RM i kneektensjon og armfleksjon, men muskelstyrken var fortsatt signifikant høyere sammenlignet med baselineresultater (Lexell, Downham, Larsson, Bruhn, & Morsing, 1995). Etter tre år uten styrketrening, viste resultater at detraininggruppen fortsatt var 14 % og 9 % sterkere i beinpress og benkpress sammenlignet med tidligere 1RM resultater (Smith, Winegard, Hicks, & McCartney, 2003). Det er lite sannsynlig at hypertrofiske faktorer bidrar til styrke etter tre år uten trening, og resultatene skyldtes nervøse adaptasjoner som bedret teknikk og koordinasjon (Rutherford & Jones, 1986; Smith et al., 2003). I tillegg til denne konklusjonen er det vist at antall myonucleus i cellene ikke forsvinner etter en periode med inaktivitet (Bruusgaard, Johansen, Egner, Rana, & Gundersen, 2010). Gjenoppbygning og vekst av skjelettmuskulatur er avhengig av økt antall muskelnucleus til eksisterende skadede muskelfibre gjennom aktivering av satelittceller (Kosek, Kim, Patrella, Cross, & Bamman, 2006). Det er kjent at i cellene kan myonucleus påvirke cytoplasmisk volum og at antall nucleikjerner er lineært korrelert med fibertykkelse for å opprettholde kjernedomenet konstant (Hall & Ralston, 1989; Gundersen & Bruusgaard, 2008).

2.1.11 Arvelige egenskaper

Arvelige forskjeller kan påvirke muskelstyrken hos mennesker (Orysiak et al., 2014).

Eksempelvis er det vist at personer med D allelen i et gen, kalt ACE, ser ut til å prestere bedre i aktiviteter og idretter som krever kraft og styrke (Abbott, 2005). Dette gjelder også for genet ACTN3 R577X, hvor personer med R allelen ser ut til å prestere bedre i kraftidretter og responderer bedre hypertrofisk (Yang et al., 2003; Eynon et al., 2009; Ciężczyk et al., 2011; Holdys, Kryściak, Stanislawski, & Gronek, 2011; Yang et al., 2016). I hovedstudien som denne masteroppgaven er en liten del av vil det bli foretatt analyser av både ACE og ACTN3-genene, mens denne oppgaven ikke tar for seg genetiske problemstillinger.

2.2 Aldersrelaterte endringer i maksimal muskelstyrke

Sarkopeni er et bredt begrep brukt til å beskrive muskelsvinn med tilhørende styrkereduksjon (Doherty, 2003). Begrepet omfatter endringer påvirket av sentralnervesystemet og det perifere nervesystemet, hormonelle endringer, endringer i fysisk aktivitet, og endret kalori- og proteininntak (Doherty, 2003; Narici & Maganaris, 2006). Fenomenet er ikke nødvendigvis sykdomsrelatert, men er også dokumentert å forekomme hos ellers friske og aktive kvinner og menn (Lexell et al., 1988).

2.2.1 Muskelstyrke og alder

Muskelstyrken reduseres generelt fra økende voksen alder, men dette blir mest tydelig først fra 50 til 60 års alderen og videre i alderdommen (Larsson, 1978; Bosco & Komi, 1980; Vandervoort & McComas, 1986; Frontera, Hughes, Lutz, & Evans, 1991; Lindle et al., 1997). Tidligere studier viste at muskelstyrken var på topp i 20 - 30 årene og holdt seg relativt stabilt de neste par tiårene. Deretter ble styrken gjennomsnittlig redusert 12 – 15 % hvert tiår fra 50-års alderen (Larsson, Grimby, & Karlsson, 1979; Young, Stokes, & Crowe, 1984; Kallman, Plato, & Tobin, 1990; Frontera et al., 1991). Reduksjonen har vist å forekomme i både under- og overkroppsmuskulatur (Porter, Vandervoort, & Lexell, 1995).

Studier som har sammenlignet muskelstyrke hos unge kvinner og menn i 20 års alderen med eldre kvinner og menn i 70-årene, har rapportert lavere maksimal styrke i størrelsesorden 35 – 43 % (Young et al., 1984; Young, Stokes, & Crowe, 1985; Macaluso et al., 2002; Morse et al., 2004). Selv middelaldrene kvinner og menn i 30, 40 og 50 årene sammenlignet med eldre i 60 og 70 årene har vist å ha større maksimal styrke (Kraemer et al., 1999; Häkkinen, Alen, Kallinen, Newton, & Kraemer, 2000a; Häkkinen, Pakarinen, Kraemer, Newton, & Alen, 2000b). Det er også tydelig funn på kjønnsrelaterte forskjeller i muskelstyrke, hvor resultatene viste en klar forskjell i mennenes favør (Frontera et al., 1991). Når studien korrigerer for forskjeller i fettfrimasse, kroppsvekt, -høyde og muskelområdet, så det ut til at de store forskjellene minsket eller forsvant (Frontera et al., 1991).

2.2.2 Muskelmasse og alder

Ettersom mennesker blir eldre reduseres størrelsen på muskelmassen (Lexell et al., 1988; Frontera et al., 2000a; Macaluso et al., 2002; Morse et al., 2004). Reduksjonen har vist å forekomme allerede rundt 25 års alderen og frem til 50 års alderen var muskelvolumet

reduisert ytterligere 10 % (Lexell et al., 1988). Etter 50 år akselererte muskelatrofien og rundt 70 års alderen var gjennomsnittlig 50 % av muskelvolumet borte (Lexell et al., 1988).

Studier som har sammenlignet muskelmasse på tvers av aldersgrupper rapporterte at eldre i 70 og 80 årene hadde lavere muskelvolum i størrelsesorden 19 – 33 % sammenlignet med de yngre i 20 års alderen (Young et al., 1984; Young et al., 1985; Klein, Rice, & Marsh, 2001; Morse et al., 2004). Gallagher et al. (1997) undersøkte muskelmasse i bein, armer og total muskelmasse hos kvinner og menn i alderen 20 - 90 år. Med hensyn til alder, kroppsvekt og høyde, viste menn å ha størst muskelmasse totalt sammenlignet med kvinner.

Muskelmasseforskjell på tvers av kjønn er også vist i Cohn et al. (1980), hvor kvinner fra 20 - 79 år i snitt hadde 9 % lavere muskelmasse sammenlignet med menn i samme alder. Ved aldring har eldre menn vist større muskelmasse tap sammenlignet med jevnaldrende kvinner (Gallagher et al., 1997; Janssen, Heymsfield, Wang, & Ross, 2000). Tapet er trolig knyttet til aldersrelaterte endringer i de anabole hormonene testosteron, veksthormon og insulin lignende vekstfaktorer (Rudman et al., 1981; Ho et al., 1987; Roubenoff, 1993; Baumgartner, Waters, Gallagher, Morley, & Garry, 1999; Janssen et al., 2000). Redusert muskelmasse med stigende alder har sammenheng med tapet av muskelstyrke (Doherty, 2003). Dette viste seg i Frontera et al. (2000b), som i tillegg til å finne signifikant større muskelstyrke i vastus lateralis hos yngre (36.5 år) sammenlignet med eldre (74.4 år), også fant signifikant større muskeltverrsnitt. Det hevdes at denne aldersrelaterte reduseringen av muskelmasse var eneste årsak til redusert muskelstyrke hos eldre kvinner (69 år) og menn (68.5 år) (Frontera et al., 1991).

2.2.2.1 Årsak til redusert muskelmasse og muskelstyrke ved alderen

Tap av muskelmasse ved økende alder er et resultat av færre fibre og størrelsen deres, spesielt type II fibre, som videre er en viktig årsak til redusert maksimal styrke (Lexell, Henriksson-Larsén, Winblad, & Sjöström, 1983; Lexell et al., 1988; Lexell & Taylor, 1991b; Doherty, 2003; Narici, Reeves, Morse, & Maganaris, 2004). Lavere muskelstyrke skyldes også færre motoriske nevroner i ryggmargen, forandringer i perifere nerver og muskelfiberskader (Lexell et al., 1983). Når størrelsen på type II fibre reduseres, er det funn på at type I fibre stort sett beholder sitt vanlige volum (Lexell & Taylor, 1991b). Dette kan skyldes en reduksjon i det fysiske aktivitetsnivået (Lexell et al., 1983; Lexell & Taylor, 1991b), spesielt den type aktivitet som krever aktivering nær maksimal innsats for å rekruttere type II motoriske enheter

(Staron et al., 1991; Roman et al., 1993; Raastad et al., 2010). Imidlertid er det også funnet at begge fibertypene reduseres like mye hos menn mellom 15 – 83 år (Lexell & Downham, 1991a), samt at volumet på fibre var like store hos de yngre (30 år) og eldre (72 år) (Lexell et al., 1983). Det ser ut til at fibre ikke har samme evne til å generere kraft hos eldre (74.4 år) som hos yngre (36.5 år), selv etter korrigering i størrelse (Frontera et al., 2000b).

D'Antona et al. (2003) rapporterte at dette kan skyldes at eldre har lavere myosinkonsentrasjoner i type I og II fibre. Eldre (70-81 år) har også vist lavere anatomisk tverrsnitt, volum og kortere fiberlengde av gastrocnemius medialis sammenlignet med yngre (27-42 år) og årsaken var tap av sarkomerer i pararell og serier (Narici, Maganaris, Reeves, & Capodaglio, 2003). Forskning tyder også på at evnen til å produsere myonucleus hemmes med stigende alder (Bruusgaard et al., 2010). Dette kan påvirke gjenoppbygning og vekst av skjelettmuskulatur, samt evnen til å utvikle muskulær kraft hos eldre (Bruusgaard et al., 2010).

Forskjeller i muskelsenestivhet med alderen kan påvirke muskelstyrke. Både muskler og sener må ha en viss grad av stivhet for å utnytte deres elastiske energi (Gollhofer, Strojnik, Rapp, & Schweizer, 1992; Avela & Komi, 1998). For god elastisitet i muskelseneapparatet igjen kan redusere spenning og dermed minske kraftproduksjonen (Horita, Komi, Nicol, & Kyröläinen, 1996). Det er foreslått at økt stivhet i ankelleddet gir bedre fysisk prestasjon (Stefanyshyn & Nigg, 1998), siden stivhet i ledd har en sammenheng med stivhet i muskulatur (Farley & Morgenroth, 1999). Muskelstivhet med stigende alder er funnet i ankelstrekkerne hos eldre (57-71 år) sammenlignet med yngre (20-29 år) (Blanpied & Smidt, 1993). Det er også funn på at det ikke forekom endringer i ankelstrekkerne mellom tre aldersgrupper (20-30, 60-80, 80+ år) (Winegard, Hicks, & Vandervoort, 1997), samt at stivheten i kneleddet reduseres med økende alder (20-79 år) (Oatis, 1993).

I senene kan kraften påvirkes gjennom redusert fjærstivhet (Narici et al., 2008). To studier viste at senene hadde redusert fjærstivhet med økende alder (18 og 68 år) (24, 46 og 68 år) (Onambele, Narici, & Maganaris, 2006; Onambele, Narici, Reic, & Maganaris, 2007). Det er også vist at aldring ikke påvirket senestivheten (16-88 år) (Hubbard & Soutas-Little, 1984). En gjennomgang av tre studier som undersøkte fjærstivhet med stigende alder viste at senene til de eldre (69-80 år) utviklet mindre kraft (151N) sammenlignet med kraften (375N) til de yngre (20-26 år) og dette hadde en sammenheng med lavere fjærstivhet (10%) (Nachemson & Evans, 1968, Tkaczuk, 1968, Noyes & Grood, 1976, referert i Reeves, 2006, s. 175).

Fysisk aktivitet

Et sentralt spørsmål er om tapet av muskelstyrke og -masse forekommer av seg selv i aldringsprosessen, om det påvirkes av fysisk aktivitet og livsstil, eller er en kombinasjon av begge deler. For å ta høyde for dette, viste en studie at eldre (73.7 år) var 21 % mindre aktive enn de yngre (24.7 år), til tross for at alle forsøkspersonene var rekruttert for å være fysisk aktive (Morse et al., 2004). Det er også kjent at eldre kvinner og menn, som er mindre fysisk aktive sammenlignet med jevnaldrende, har mindre fettfrimasse og lavere muskelstyrke (Kuta, Parízková, & Dýcka, 1970; Pollock et al., 1997; Rantanen et al., 1997). Konsekvensen av å ikke være fysisk aktiv var tydelig i en såkalt «bed rest study», en detreningsstudie, som viste signifikant nedgang i muskelmasse og -styrke hos menn i alderen 23 – 41 år, 14 dager uten aktivitet (Bamman et al., 1998). Dette til tross for et tilstrekkelig protein- og energiinntak (Bamman et al., 1998).

Kosthold

Kosthold og ernæring er en annen faktor som kan påvirke muskelmasse og -styrke hos mennesker (Roubenoff & Hughes, 2000; Narici et al., 2004). Utilstrekkelig energi i forhold til energiforbruk påvirker ytelse og hemmer fordelene ved trening (Rodriguez, Di Marco, & Langley, 2009). Likevekten kan forstyrres av redusert inntak, økte krav eller forandret sammensetning av kosten (Jeejeebhoy, 1986). Ved ubalanse kan dette påvirke muskelstyrke gjennom tap av kroppsvev, forstyrrelser i immunforsvar, hormoner og metabolske faktorer (Jeejeebhoy, 1986; Burke, Loucks, & Broad, 2006). Under- og feilernæring ved økt alder er vanlig og skyldes et progressivt tap av appetitt, redusert inntak av kalorier og proteiner, D-vitamin mangel og hudatrofi (Nakamura et al., 2006; Narici & Maganaris, 2006).

Protein er et viktig næringsstoff og essensielt for å øke og reparere muskelvev (Rodriguez et al., 2009; Tipton, 2011). I en studie fikk 12 eldre (67 år) mennesker aminosyretilskudd to ganger om dagen over 16 uker (Børsheim et al., 2008). Etter denne perioden hadde fettfrimasse økt med 1.14 kilo (kg), samtidig som styrken økte med 22.2 %. Dette til tross for ingen endringer i deres vanlige fysiske aktivitetsnivå og kosthold. Resultatene tyder på at de eldre ikke fikk i seg tilstrekkelig med protein i deres daglige kosthold fra før (Børsheim et al., 2008). Viktigheten av protein var også tydelig i en annen studie hvor to kvinnelige (66-79 år) testgrupper inntok 1.47 og 2.94 gram (g) protein per kg kroppsvekt daglig i 9 uker (Castaneda, Charnley, Evans, & Crim, 1995). Etter perioden viste resultatene en nedgang i muskelstyrke og -masse for kvinnene som inntok 1.47g protein (Castaneda et al., 1995). Et

annet bidrag til redusert muskelmasse kan også delvis skyldes at eldre (78-84 år) har redusert muskelproteinsyntese sammenlignet med yngre (23-32 år) (Hasten, Pak-Loduca, Obert, & Yarasheski, 2000; Short, Vittone, Bigelow, Proctor, & Nair, 2004). Til sammenligning er det ikke vist forskjeller i proteinsyntesen mellom yngre (34 år) og eldre (67 år) (Paddon-Jones et al., 2004; Cuthbertson et al., 2005).

Hormoner

Nedgang i muskelmasse og -styrke med økende alder assosieres med reduserte nivåer av insulin, veksthormon, østrogene og androgene hormoner (Kamel, Maas & Dutchie, 2002).

Testosteron er et anabolt hormon med stor påvirkning av muskulatur (Roubenoff & Hughes, 2000). Konsentrasjonen av testosteron forekommer hovedsakelig i varierende grad hos menn, men finnes også i mindre og varierende grad hos kvinner (Kaufman & Vermeulen, 1997; Raastad et al., 2010). Muskelmasseforskjellen på tvers av kjønn er av den grunn blant annet et resultat av testosteronforskjellene (Raastad et al., 2010). Testosteronets anabole effekt var tydelig i intervensjonsstudier hvor testpersoner økte muskelmasse og -styrke signifikant sammen med injeksjoner av testosteron (Griggs et al., 1989; Bhasin et al., 2001). Gruppene som fikk høyest milligram injeksjon økte også mest i fettfrimasse og beinpresstyrke (Bhasin et al., 2001).

Testosteronnivåene reduseres med stigende alder (Gray, Feldman, McKinlay, & Longcope, 1991; Vermeulen, 1991; Kaufman & Vermeulen, 1997; Häkkinen et al., 2000b; Ferrando et al., 2002). For menn mellom 25 og 75 år reduserte serum testosteronnivået rundt 30 % og det frie testosteron nivå opp mot 50 % (Vermeulen, 1991; Kaufman & Vermeulen, 1997). I Häkkinen et al. (2000b) ble kvinner og menn i alderen 40 og 70 år målt for hormonnivåer før en treningsperiode. Ved baseline viste målingene at serumkonsentrasjonen av det frie testosteronet var høyere ($P < 0.05$) hos menn i 40-årene sammenlignet med menn i 70-årene. Dette gjaldt også for kvinner i 40 års alderen sammenlignet med kvinner i 70 års alderen ($P < 0.05$) (Häkkinen et al., 2000b). I Gray et al. (1991) ble hormonnivåer undersøkt hos 1709 menn (39-70 år) over tre år. Resultater per år viste at det frie testosteronet sank 1.2 %, albuminbundet testosteron sank 1 % og total serumkonsentrasjon av testosteron sank 0.4 % (Gray et al., 1991). Testosteronreduseringen med stigende alder var tydelig når eldre (68 år) testpersoner økte muskelstyrke, muskelmasse, proteinsyntese og insulin lignende faktorer

etter at de fikk injeksjoner av testosteron i seks måneder tilsvarende samme nivåer (17 – 28nmol/l) som hos yngre menn (Ferrando et al., 2002).

Veksthormon og insulin er også anabole hormoner med stor påvirkning av igjen-dannelse og økning av muskulatur (Roubenoff & Hughes, 2000). Sammen med testosteron er de med på å øke proteinsyntesen og aminosyrestrømning i muskulatur (Deschenes, 2004). Veksthormon medvirker til å produsere insulin i musklene (Deschenes, 2004; Raastad et al., 2010). Lavere nivåer av veksthormon og insulin har vist seg å forekomme med alderen (Morley, Baumgartner, Roubenoff, Mayer, & Nair, 2001; Doherty, 2003). Med tanke på veksthormoners og insulinets anabole virkning er dette et bidrag til sarkopeni (Morley et al., 2001; Doherty, 2003). Raastad et al. (2010) rapporterte likevel at hypertrofi kan forekomme etter styrketrening uten økt konsentrasjon av veksthormon og testosteron. Det kvinnelige anabole kjønnshormonet østrogen reduseres i overgangsalderen hos kvinner (Roubenoff & Hughes, 2000; Enns & Tiidus, 2010). Østrogen har vist å ha en signifikant innvirkning på muskelvekst hos kvinner (Kahlert et al., 1997).

2.2.3 Sentralnervesystemet og alder

Selv om redusert muskelmasse kan forklares lavere styrke og kraft med alderdommen, kan en nedbrytning av nervesystemet også spille en stor rolle i reduksjonen (Vandervoort, 2002; Unhjem et al., 2015). Både direkte gjennom fyringsfrekvens og indirekte gjennom atrofi av muskulatur på sikt (Kamen, Sison, Du, & Patten, 1995; Yue, Ranganathan, Siemionow, Liu, & Sahgal, 1999; Aagaard, Suetta, Caserotti, Magnusson, & Kjaer, 2010). Det er godt dokumentert at nevro-muskulære funksjoner og prestasjoner hemmes med stigende alder hos mennesker (Doherty, Vandervoort, & Brown, 1993a; Roos, Rice, & Vandervoort, 1997; Vandervoort, 2002) med en direkte konsekvens for maksimal styrke (Aagaard et al., 2010). Endringer i det perifere nervesystemet, ryggmargen og hjernen med stigende alder forringer nervesystemets kontroll av muskelfibre (Lexell, 1997; Klass, Baudry, & Duchateau, 2007). Det er kjent at evnen til å generere eksplosiv kraft eller power reduseres med økende alder hos begge kjønn (Jozsi, Campbell, Joseph, Davey, & Evans, 1999; Häkkinen, Kraemer, Newton, & Alen, 2001).

Aldersrelaterte forandringer i motorenheter omfatter tap av motoneuroner med tilhørende redusert aktivering av motoriske enheter (Aagaard et al., 2010). Denne normale aldersrelaterte reduseringsprosessen av motoneuroner og motoriske enheter er ansett som en viktig faktor i

reduksjonen av styrke og muskelmasse (Lexell, 1997; Aagaard et al., 2010). Tapet virker å påvirke de største og raskeste type II fibre mest (Oertel, 1986; Lexell et al., 1988; Lee, Cheung, Qin, Tang, & Leung, 2006; Callahan et al., 2014) og har vist å forekomme i større grad i underekstremitetene (Vandervoort, 2002). I en studie er det vist at eldre (60-81 år) hadde halvparten av motoriske enheter sammenlignet med den yngre (22-38 år) gruppen (Doherty, Vandervoort, Taylor, & Brown, 1993b). Forandringer med alderen omfatter også redusert evne til å rekruttere de motoriske enheter som fortsatt er til stede, samt en redusert fyringsfrekvens i disse (Kamen et al., 1995; Yue et al., 1999; Rubinstein & Kamen, 2005). Det er sannsynlig at aldersrelaterte endringer i muskelaktivering og styrke varierer mellom ulike muskelgrupper i forhold til individets daglige fysiske aktivitetsmønster (Winegard, Hicks, Sale, & Vandervoort, 1996; Häkkinen et al., 1998a; Leong, Kamen, Patten, & Burke, 1999).

Tapet av motoriske neuroner skyldes en reduksjon i antall aksoner i ventrale røtter og størrelsen deres (Kawamura, Okazaki, O'Brien, & Dych, 1977; Mittal & Logmani, 1987). Dette påvirker ledningshastigheten direkte og dermed fyringsfrekvensen (Doherty et al., 1993a; Doherty & Brown, 1997; Dalpozzo, Gérard, De Pasqua, Wang, & Maertens de Noordhout, 2002). Hos eldre mennesker (73-81 år) har kontraksjonshastigheten til muskelfibre vist å være redusert med 46 % i type I fibre og 30 % i type II fibre sammenlignet med den yngre gruppen (25-31 år) (Larsson, Li, & Frontera, 1997).

Evnen til å utvikle kraft hurtig reduseres også med økende alder. Tverrsnittsdata fra tre ulike studier viste at eldre i 60 og 70 årene, sammenlignet med yngre i 20 og 30 årene, hadde lavere RFD i størrelsesorden 40 - 51.2 % (Barry, Warman, & Carson, 2005; Klass, Baudry, & Duchateau, 2008; Hvid et al., 2010). Denne aldersrelaterte endringen kan ha store funksjonelle konsekvenser for eldre mennesker (Maffiuletti et al., 2016). Unhjem et al. (2016a) undersøkte muskelstyrke og RFD på tvers av fire grupper, en ung moderat aktiv gruppe (22 år), en eldre stillesittende gruppe (71 år), en aktiv gruppe med eldre (73 år) og en eldre gruppe (71 år) med erfaring fra styrkeløft og vektløfting som har trent styrke regelmessig etter at de sluttet å konkurrere. Resultater viste at beinpress-RFD ved baseline hos eldre med erfaring var 178 % raskere enn stillesittende eldre, 159 % raskere enn aktive eldre og 53 % raskere enn de yngre. Kraftforskjellen korrelerte med muskelstyrken i gruppene. Resultater fra V- og M-reflekser viste like verdier hos stillesittende og aktive eldre, noe som indikerer at fritidsaktivitetene til aktive eldre (gåtur, golf, orientering, langrenn, sykkel og dans 2-4 ganger i uken) ikke var tilstrekkelig stimuli til å opprettholde

fyringsfrekvens (Unhjem et al., 2016a). I kontrast viste en annen studie at fysisk aktive eldre og yngre var mye raskere sammenlignet med de ikke aktive gruppene. Resultatene tyder på at fysisk aktivitet uavhengig av alder bidrar til neuromuskulær opprettholdelse (Spirduso, 1975).

Aldersrelaterte endringer i muskelstyrke kan også forklares gjennom redusert koordinasjon mellom agonist og antagonist muskler (Häkkinen et al., 1998b; Izquierdo et al., 1999). Det er foreslått at eldre øker koaktiveringen for å stabilisere ledd under kontraksjoner, men at det kan medføre tap av kraft (Baratta et al., 1988; Klein et al., 2001; Macaluso et al., 2002). I to studier er det rapportert høyere koaktivering av knefleksorene hos eldre i 60 og 70 årene, sammenlignet med de middelaldrene i 40-årene under maksimale frivillige kontraksjoner (Häkkinen et al., 1998b; Izquierdo et al., 1999).

2.3 Styrketreningsadaptasjoner

Til tross for aldersrelatert nedgang i maksimal styrke har flere studier rapportert at eldre og yngre effektivt øker muskelstyrke og -masse etter perioder med styrketrening (Moritani & deVries, 1980; Häkkinen et al., 1996; Weiss, Coney, & Clark, 2000; Hoff et al., 2007; Kryger & Andersen, 2007; Wang et al., 2010).

2.3.1 Kraftutvikling

Fjærstivheten og tverrsnittet til senen kan påvirkes gjennom styrketrening hos yngre og eldre. Yngre (22.6 år) forsøkspersoner økte stivheten 57.33 % etter å ha trent kneekstensorer fire ganger i uken over 12 uker på 70 % av maksimal frivillig kontraksjon (Kubo, Kanehisa, Ito, & Fukunaga, 2001). Hos eldre (74.3 år) økte senestivheten 65 % etter å ha trent beinpress og kneekstensjon tre ganger i uken med en belastning på 80 % av deres 5RM i 14 uker (Reeves, Maganaris, & Narici, 2003).

2.3.2 Tverrsnitt

Treningsstudier har funnet økt muskelmasse hos yngre og eldre etter intervensjoner med styrketrening (Weiss, Coney, & Clark, 1999; Hunter, Wetzstein, Fields, Brown, & Bamman, 2000; Weiss et al., 2000; Abe, Kojima, Kearns, Yohena, & Fukuda, 2003; Kryger & Andersen, 2007). Wernboms et al. (2007) gjennomgang av 44 studier som enten undersøkte volum eller tverrsnitt av quadriceps på utrente og trente, rapporterte at man kan forvente en

økning i tverrsnitt på 8.5 % etter 11 uker med styrketrening (Wernbom, Augustsson, & Thomeé, 2007). I en studie på eldre (61-77 år) kvinner og menn, økte forsøkspersonene 2kg fettfrimasse i treningsperioden på 36 uker etter å ha trent styrke tre ganger i uken med en belastning på 65-80 % av 1RM (Hunter et al., 2000). Økt muskeltverrsnitt er også vist av Kryger & Andersen (2007), hvor de eldre (85-97 år) økte fettfri quadricepsmuskelmasse 9.8 % etter å ha trent MST (80% av 1RM) i 12 uker. Samme forsøksgruppe økte type II muskelfibervolumet 22 % (Kryger & Andersen, 2007). Weiss et al. (2000) undersøkte effekten av et ulikt repetisjonsantall (3-5, 13-15 og 23-25RM) på muskeltverrsnitt hos menn (21.1 år). Alle tre gruppene økte quadriceps femoristykkelse, men kun de to høyeste repetisjonsgruppene viste økninger i låromkrets og netto låromkrets. Utvalget i Goto et al. (2005) som trente 10RM opplevde større hypertrofi enn gruppen som fordelte 10RM på to serier med 30 sekunders pause (13 og 4%). Resultatene indikerte at flere repetisjoner kontinuerlig var mer gunstig for metabolsk stress (Goto et al., 2005).

Tidligere studier rapporterte også at hormonelle nivåer kunne påvirkes etter perioder med ulik styrketrening (Kraemer et al., 1991; Singh et al., 1999; Smilios, Pilianidis, Karamouzis, Parlavantzas, & Tokmakidis, 2007). Høyere verdier av testosteron og kortisol ble funnet rett etter og 15 minutter etter treningsøkten ($P < 0.05$) hos de eldre (69 år) og yngre (23 år) etter å ha trent 15 repetisjoner på 60 % av 1RM (Smilios et al., 2007). Verdiene var like hos begge gruppene. Det ble også funnet høyere verdier av veksthormonkonsentrasjoner hos begge aldersgruppene ($P < 0.05$), men nivåene var høyere hos de yngre ($P < 0.05$). At styrketrening kan påvirke veksthormon støttes av en annen studie som også fant signifikant høyere verdier hos både kvinner og menn (23.9 år) etter å ha trent 10RM (Kraemer et al., 1991). Kvinnene viste signifikant høyere verdier sammenlignet med mennene (Kraemer et al., 1991). Det er funn på at veksthormonet insulin er involvert i hypertrofien etter styrketrening (80% av 1RM) og inntak av kosttilskudd hos eldre i alderen 72-98 år (Singh et al., 1999). Testpersonene trente hofte- og kneekstensorer, og økte type II og I fiberarealet 10.1 % og 12.8 % (Singh et al., 1999).

I motsetning viste enkelte studier at hormonelle verdier ikke kunne påvirkes av styrketrening. Testosteron-verdiene var uendret etter Karlsens et al. (2009) MST-program etter at de eldre (65.5 år) trente fire repetisjoner og fire sett på beinpress (Karlsen, Helgerud, Støylen, Lauritsen, & Hoff, 2007). Resultatene fra Häkkinen et al. (2000b) viste ingen økninger av serumkonsentrasjon av testosteron, fri testosteron og veksthormon hos kvinner og menn (40 og 70 år) etter å ha trent styrke to ganger i uken over seks måneder. Forsøkspersonene varierte

mellom tung og eksplosiv styrketrening med en belastning fra 50 – 80 % av 1RM (Häkkinen et al., 2000b).

2.3.3 Aktivering av motoriske enheter og fyringsfrekvens

Nervesystemet har en betydelig rolle i økt maksimal styrke observert gjennom de første tre ukene av et treningsprogram (Moritani & deVries, 1979; Moritani & deVries, 1980; Häkkinen et al., 1996). Styrketrening kan forårsake adaptive endringer som gjør at man klarer å aktivere flere enheter i bestemte bevegelser (Sale, 1988). Endringer i nervesystemet kan føre til hurtigere kraftutvikling og toppkraft som kan vedlikeholdes lenger (Sale, 1988). Unhjem et al. (2015) har undersøkt muskelaktivering hos yngre (24 år) og eldre (74 år) i hvile. Ved baseline var kontraksjonskraften ved maksimal frivillig isometrisk plantarfleksjon signifikant høyere hos yngre (533Nms) sammenlignet med eldre (294Nms). Etter åtte uker med styrketrening med en belastning på 75 – 80 % av 1RM, tre ganger i uken, viste resultatene signifikant økning på 58 % hos de eldre. Den svekkede aktiveringen hos eldre begrunnes med endringer på supraspinale nivåer (Unhjem et al., 2015). Knight & Kamen (2008) støtter fremgangen og rapporterte at motoneuron fyringsfrekvensen hos eldre (67-81 år) kunne påvirkes med tung kneekstensjonstrening (85% av 1RM) etter seks uker. Nevromuskulære økninger er også kjent for å forekomme i MST-studier, hvor forsøkspersonene har økt maksimal styrke og kraft uten endring i kroppsvekt (Hoff et al., 2007; Støren et al., 2008; Wang et al., 2010). Styrketrening kan føre til endringer i nervesystemet som gjør at man klarer å aktivere pådrivere mer fullstendig i bevegelser og koordinere aktivering bedre i relevante muskler (Sale, 1988). Dette kan føre til større netto kraft i ønsket bevegelsesretning (Häkkinen et al., 1998a; Sale 1988). Dette samsvarer med Häkkinen et al. (1998a), som ikke bare fant at styrketrening kunne øke aktiveringen av agonister, men også redusere koaktiveringen av antagonist hos eldre kvinner og menn i 70-årene etter å ha trent med en belastning på 50 – 80 % av 1RM.

Moritani & deVries (1980) fant at styrkefremgangen etter åtte uker hos eldre kom til tross for fravær av hypertrofi. Hos yngre, middelaldrende og eldre individer viste IEMG-målinger hos begge kjønn at økt maksimal styrke hovedsakelig skyldtes økt motorisk enhet aktivering av de trente agonist-musklene (Moritani & DeVries, 1980; Higbie, Cureton, Warren, & Prior, 1996; Häkkinen et al., 1998a; Häkkinen et al., 1998c). Staudenmann et al. (2010) foreslår at dette er en av de viktigste faktorene for å øke maksimal styrke. Vedlikehold av muskelmasse eller hypertrofi hindrer i mindre grad muskelstyrkereduseringen hos eldre (Goodpaster et al.,

2006). Goodpaster et al. (2006) undersøkte muskelstyrken til eldre (70-79 år) over tre år og fant til slutt at et mindre areal bare kunne forklare 6 – 8 % av muskelstyrkereduksjonen i kneekstensorene (Manini & Clark, 2012). Hovedårsaken til reduksjonen hos de eldre var fallet i neural aktivering og/eller reduksjoner i kraftkapasiteten i skjelettmuskulatur (Goodpaster et al., 2006). Tidlig nervøse økninger etter en styrkeperiode på 12 uker (60-80% av 1RM) er hypotisert til å hovedsakelig skyldes endringer i motoriske enheters aktivering, økt mobilisering av motoneuroner, redusert antagonist ko-kontraktering og motorisk innlæring (Keen, Yue, & Enoka, 1994).

2.3.4 Hastigheten på kraftutviklingen

Styrketrening kan forårsake endringer som resulterer i raskere evne til å utvikle kraft hos yngre og eldre (Häkkinen et al., 1998a; Fimland, Helgerud, Gruber, Leivseth, & Hoff, 2009; Wang et al., 2010). I Häkkinen et al. (1998a) økte kvinner og menn i 40-årene RFD 31 % og 41 % (50-80% av 1RM). Økninger forekom i samme studie også hos eldre kvinner og menn i 70-årene tilsvarende 28 % og 40 %. Nervøse adaptasjoner, fremfor de hypertrofiske, forklarer de store økningene i muskelstyrke og kraft (Häkkinen et al., 1998a). I respons til styrketrening er det vist at evnen til å fyre under maksimal frivillig kontraksjoner øker hos yngre og eldre testpersoner (Patten, Kamen, & Rowland, 2001; Kamen & Knight, 2004; Christie & Kamen, 2010), som har en sammenheng med fremgang i RFD (Van Cutsem et al., 1998; Maffiuletti et al., 2016). Studiene rapporterte også at forskjellene i muskelaktivering ved baseline mellom de yngre i starten av 20-årene og eldre i midten av 70-årene ikke lenger varierte etter perioden med trening (Patten et al., 2001; Kamen & Knight, 2004; Christie & Kamen 2010).

2.4 Maksimal styrketrening

2.4.1 Effekt på styrke, RFD, power, toppkraft og hypertrofi

I tabellene nedenfor er det presentert tidligere relevante MST-studier på yngre og eldre som har undersøkt muskelstyrke, RFD, power, toppkraft eller hypertrofi i en aldersgruppe (tabell 1 og 2).

Tabell 1. MST-studier på muskelstyrke, RFD, power eller hypertrofi hos yngre (Gj.snitt 27.75 år).

Forfatter	Grupper/ Alder/ Kjønn	Treningsbakgrunn/ Øvelser	Økter/ Uker	Volum/ Pauser	Muskelstyrke/ Kraftutvikling	Hypertrofi
Campos et al., 2002.	N= 9 (3-5RM rep). 22.5 år. C= 5 (31.6 år). Menn.	Utrente. Knebøy, beinpress og kneekstensjoner.	20. 8.	3-5RM. 4 sett. 3 min pause.	Økte muskelstyrke signifikant, men har ikke oppgitt data.	Tverrsnittsareal: 1 - 12.45 % * 2A - 22.94 % * 2B - 25.27 % *
Støren et al., 2008.	N= 4m og 4k (28.6 år). C= 4m og 4k (29.7 år).	Langdistanse-løpere. Halv knebøy.	24. 8.	4RM. 4 sett. 3 min pause.	1RM 33.2 % * RFD 26 % *	
Fimland et al., 2009.	N= 10 (23 år). C= 9 (24 år).	Utrente med tidligere erfaring fra styrketrening. Beinpress.	24. 8.	4 rep. 4 sett. 3 min pause.	1RM 44 % * RFD 157 % *	
Sunde et al., 2010.	N= 7m og 1k (29.9 år). C= 3m og 2k (35.8 år).	Godt trent og konkurrerende-syklister. Knebøy i Smithmaskin.	24. 8.	4RM. 4 sett. 3 min pause.	1RM 14.2 % * Power 16.7 % *	
Barret-O'Keefe et al., 2012.	N= 6 (26 år). Menn.	Syklister. Halv knebøy.	24. 8.	4RM. 4 sett. 3 min pause.	1RM 28 % * RFD 23 % *	Ingen signifikant endring i lår volum og quadriceps muskelmasse.
Heggelund et al., 2013.	N= 8m (26 år). Menn.	Utrente og moderat trente. Kneekstensjon.	24. 8.	5RM. 4-5 sett. 3 min pause.	1RM 50 % * RFD 155 % *	Ingen signifikant endring i quadriceps femoris muskelmasse.
Unhjem et al., 2016b.	N= 6m og 3k (33 år). C= 7m (29 år).	Rusmisbrukere. Hack squat.	24. 8.	4-5 rep. 4 sett.	1RM 88 % * RFD 82 % *	

m= menn, k= kvinner, N= antall personer i testgruppe, C= kontrollgruppe, RM= en repetisjon maksimum, RFD= rate of force development, Gj.snitt= gjennomsnitt, rep= repetisjon, min= minutt.

*Statistisk signifikante endringer fra pretest (P<0.05).

Seks studier (tabell 1) fant en gjennomsnittsokning i 1RM og RFD på 42.9 % og 76.61 % (Støren et al., 2008; Fimland et al., 2009; Sunde et al., 2010; Barret-O'Keefe et al., 2012; Heggelund et al., 2013; Unhjem et al., 2016b). Sunde et al. (2010) undersøkte power, men data er likevel tatt med i RFD-sammenligningen. I studien til Campos et al. (2002) økte MST-gruppen 1RM i øvelsene signifikant sammenlignet med de to andre repetisjonsgruppene, men det er ikke oppgitt nøyaktig data fra 1RM styrketestene. Data fra studien er derfor ikke tatt med i 1RM-sammenligningen. Tre av studiene har undersøkt hypertrofi etter treningsperiodene (Barret-O'Keefe et al., 2012; Heggelund et al., 2013) og kun Campos et al. (2002) kan vise til økt tverrsnittsareal av fibre.

I fire av studiene har det vært krav om å øke 2.5 - 5kg dersom testpersonen klarte fem repetisjoner i et sett (Støren et al., 2008; Sunde et al., 2010; Barret-O’Keefe et al, 2012; Unhjem et al., 2016b). Fimland et al. (2009) og Heggelund et al. (2013) økte belastningen med 5 - 10kg og 1.25 – 2.5kg til neste økt dersom forsøkspersonen klarte antall repetisjoner hvert sett. Campos et al. (2002) har ikke oppgitt en nøyaktig økning per sett dersom repetisjonene overskred, men belastningen ble tilpasset når dette forekom under øktene. I tre av studiene fikk utvalget instruksjoner om å fortsette med deres daglige aktiviteter og trening, og ikke begynne med ny type trening (Fimland et al., 2009; Barret-O’Keefe et al., 2012; Heggelund et al., 2013). Det samme gjelder i Støren et al. (2008) og Sunde et al. (2010). Utvalget skal i tillegg ha oppgitt hvilke utholdenhetssoner de har trent i og hvor lenge (Støren et al., 2008; Sunde et al., 2010). Unhjems et al. (2016b) utvalg skulle fortsette med behandlingsprogrammet, som innbar tre timer med forskjellig fysisk aktivitet i uken. Utvalget i Campos et al. (2002) var fysisk aktiv, men hadde ikke drevet med organisert trening siste seks månedene og skulle fortsette slik under perioden.

Tabell 2. MST-studier på muskelstyrke, RFD, toppkraft eller hypertrofi hos eldre (Gj.snitt 62.92 år).

Forfatter	Grupper/ Alder/ Kjønn	Treningsbakgrunn/ Øvelser	Økter/ Uker	Volum/ Pauser	Muskelstyrke/ Kraftutvikling	Hypertrofi
Hoff et al., 2007.	N= 4m og 2k (62.8 år). C= 4m og 2k (60.6 år).	Pasienter med kronisk obstruktiv lungesykdom. Beinpress.	24. 8.	5RM. 4 sett. 2 min pause.	1RM 27.12 % * RFD 105 % *	
Karlsen et al., 2009.	N= 10m (66.5 år). C= 8m (61.6 år).	Pasienter med åreforkalkning. Beinpress.	24. 8.	4 rep. 4 sett. 2 min pause.	1RM 44 % * RFD 85 % * Toppkraft 18 % *	
Wang et al., 2010.	N= 9m og 1k (67 år).	Pasienter med perifer arteriell sykdom. Beinpress.	24. 8.	5 rep. 4 sett. 4 min pause.	1RM 31.3 % * RFD 102.7 % *	
Hill et al., 2012.	N= 6m og 4k (46.3 år).	Tidligere slagpasienter. Beinpress.	24. 8.	4 rep. 4 sett. 1.30 min pause.	1RM 75 % * (friske beinet). 1RM 85 % * (beinet påvirket av slag).	
Wang et al., 2017.	N= 11m (72 år).	Trente 1-3 ganger i uken, men ikke styrketrening. Knebøy.	24. 8.	4 rep. 4 sett. 3-4 min pause.	1RM 68 % * RFD 48 % * Toppkraft 5 % *	Tverrsnittsareal type 2 fibre - 66% * Fiberprosentandel type 2 – 56 % *

m= menn, k= kvinner, N= antall personer i testgruppe, C= kontrollgruppe, RM= en repetisjon maksimum, RFD= rate of force development, Gj.snitt= gjennomsnitt, rep= repetisjon, min= minutt.

*Statistisk signifikante endringer fra pretest (P<0.05).

En sammenligning av data fra studiene i tabell 2, viste at det forekom en gjennomsnittlig økning i 1RM, RFD og toppkraft på 55.07 %, 85.17 % og 11.5 %. En av studiene rapporterte om 66 % økt tverrsnittsareal og en 56 % større andel type II fibre (Wang et al., 2017).

To av studiene har justert vekten med 1 - 5kg dersom testpersonen klarte å utføre en repetisjon over repetisjonsmålet hvert sett (Hoff et al., 2007; Hill et al., 2012). I studiene til Karlsen et al. (2009) og Wang et al. (2010) har belastningen økt med 2.5 - 5kg til neste økt dersom testpersonen klarte ønsket sett og repetisjoner på trening. Wang et al. (2017) har økt belastningen med 5kg dersom flere enn fire repetisjoner ble utført. Forsøkspersonene i alle studiene har fått instruksjoner om å fortsette å leve som normalt og fortsette med deres regelmessige trening (Hoff et al., 2007; Karlsen et al., 2007; Wang et al., 2010; Hill et al., 2012; Wang et al., 2017). I studien til Hill et al. (2012) er data fra fremgangen i det friske (75%) beinet og beinet som er rammet av slag (85%) tatt med i sammenligningen. Utvalget er også i utgangspunktet innenfor alderskriteriet til tabell 1 (20-49 år), men er sammenlignet i tabell 2 da dette også er en pasientgruppe.

3.0 Metode

Ved Høgskolen i Sørøst Norge, avdeling Bø, gjennomføres det nå et prosjekt: «Effekt av maksimal styrketrening for voksne i ulike aldersgrupper». Data presentert i denne masteroppgaven var foreløpige godkjente resultater fra dette prosjektet.

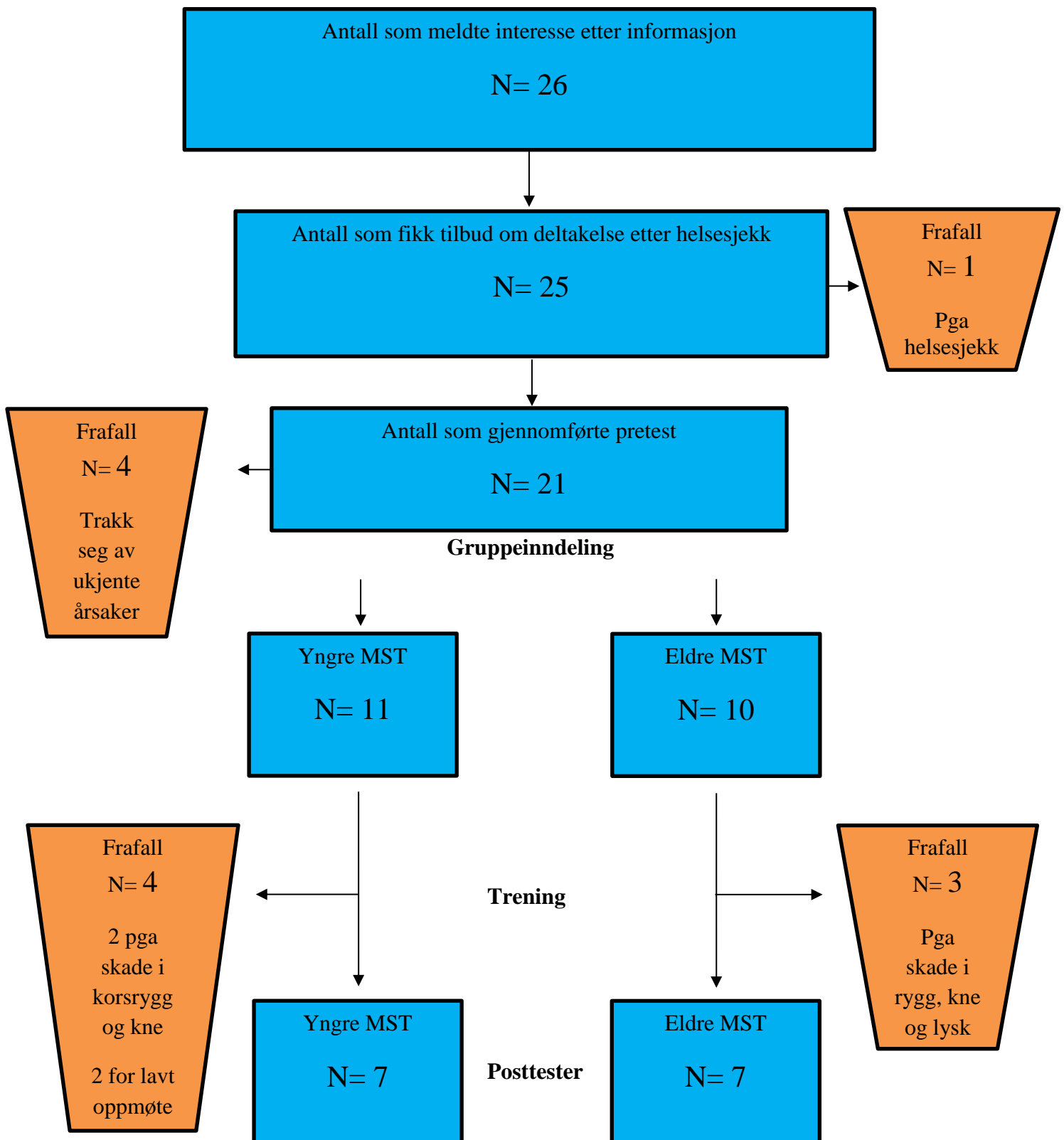
3.1 Utvalg

Utvalget i denne studien var 14 friske kvinner og menn i alderen 26 – 73 år som bestod krav om deltakelse. Rekrutteringen har i hovedsak foregått i nærmiljøet. De interesserte fikk informasjon gjennom en muntlig samtale og ble tildelt et informasjonsskriv. Treningsgraden deres varierte fra utrent og trent, hvor de trente var fysisk aktiv regelmessig. Aktiviteten skal ikke ha vært systematisk styrketrening på bein de siste seks månedene.

3.1.1 Inklusjon- og eksklusjonskriterier

For å kunne delta måtte personene bestå prosjektets inklusjonskriterier. Minimum alder ble satt til 20 år. Personene måtte fylle ut og undertegne egenerklæringsskjema for helse (vedlegg 1). De ble ekskludert dersom de viste indikasjoner på at hard fysisk aktivitet var helsemessig ugunstig, var borte i mer enn en uke sammenhengende under treningsperioden eller gjennomførte mindre enn 70 % av treningsøktene. Eksklusjon for deltakelse i prosjektet baserte seg også på en helhetsvurdering av prosjektets lege. Vurderingen ble tatt etter opplysninger oppgitt i egenerklæringsskjemaet og etter samtale med personene. Opplysninger var også hentet fra fastlege og bestod av informasjon om kroppsmasseindeks, blodtrykk, alvorlig sykdom i familie, sosiale og yrkesmessige forhold, og aktuell medikasjon. Av hensyn til etiske retningslinjer måtte utvalget lese og signere en samtykkeerklæring før deltakelse (vedlegg 2).

Figur 1: Flytskjema for å illustrere rekrutteringsprosessen og frafall i løpet av intervensjonsperioden.



N= antall personer, MST= maksimal styrketrening, Pga= på grunn av.

3.1.2 Inndeling i grupper

I denne masteroppgaven ble forsøkspersonene delt inn i to aldersgrupper. En yngre gruppe med personer i alderen 20 - 49 år og en eldre gruppe med personer fra 50 til over 70 år.

Tabell 3. Fysiske kjennetegn ved utvalget.

Gruppe	Alder (år)	Høyde (cm)	Vekt (kg)	Menn	Kvinner
Yngre (N= 7)	38.43±9.95	178.71±5.41	80.83±12.39	4	3
Eldre (N= 7)	61.57±9.22	175.57±9.18	76.53±11.75	4	3

Tall er i gjennomsnitt ± standardavvik. cm= centimeter, kg= kilogram, N= antall personer i testgruppe.

3.2 Testprotokoll

All testing foregikk på idrettsfysiologisk testlaboratorium ved Høgskolen i Sørøst Norge, avdeling Bø.

3.2.1 Forhåndsregler

For at testen skulle bli reliabel og valid var det satt forhåndsregler. Testpersonene måtte være frisk og skadefri, og ikke ha påvist sykdom eller skade som kunne utgjøre en helserisiko ved større fysisk belastning. De skal ikke ha hatt sykdom med feber eller luftveisinfeksjon siste tre døgn før testing (helst siste uke). Hard trening og alkohol skulle unngås de siste 24 timene. Testpersonene skulle ikke spise de to siste timene, og avstå helt fra tobakk og koffein fire timer før testen. Vann var det eneste de kunne drikke de to siste timene. Utvalget måtte leve mest mulig normalt og føle seg uthvilt før testing. I løpet av den siste uken før pretest måtte de innom sykehus eller legesenter for å ta blodprøve til genanalyse.

3.2.2 Antropometrisk måling

Før oppvarming ble antropometriske målinger gjennomført: kroppsvekt, -høyde, fettprosent, totalvolum av lår og muskelvolum av lår (uten fett-, vann- og knokkelmasse).

Kropps masseindeks ble beregnet ut fra kroppsvekt (kg) delt på høyde (cm) opphøyd i andre (m²). Testpersonene trekkes 0.5kg i kroppsvekt på grunn av vekten av klær og sko.

Totalvolum lår og muskelvolum lår ble beregnet ut fra følgende formel:

Formel 1.

$(L/12\pi) \cdot (C1^2 + C2^2 + C3^2) - [(S - 0,4)/2] \cdot L \cdot [(C1 + C2 + C3)/3]$ (Layec, Venturelli, Jeong, & Richardson, 2014).

L er lengden på låret og ble målt fra den store lårbeinsknoten til den laterale femorale epikondylen. C1 er proksimal omkrets (10cm under midtpunktet), C2 er omkrets av midtpunktet og C3 er distal omkrets (10cm over midtpunktet). S er fettprosentmåling og er summen av innsiden, midten og utsiden på midtpunktet av lårlengden. Omkrets og lengde ble målt til nærmeste millimeter med hjelp av et fleksibelt standard målebånd (Layec et al., 2014). Målingene utføres når testperson står oppreist med vekt på beinet som ikke måles. For å sikre valide resultater ble målingene tatt før oppvarming, av den grunn at fysisk aktivitet kan øke blodgjennomstrømningen og påvirke volumet.

Apparater: fettprosent: Saehan Medical Skinfold Caliper SH5020 Korea og Norway vekt tefal sensitive computer PP 6010 France.

3.2.3 Måling av muskelstyrke

Utvalget skulle teste maksimal styrke i øvelsen beinpress. Teknikk og gjennomførelse av test ble forklart og vist nøye av testledere. Dette ble også repetert underveis ved behov. Det var krav om maksimal innsats av alle deltakerne under testen. Underveis har testledere motivert og oppmuntret testpersonene verbalt. På forhånd hadde alle testledere gjennomført og oppdatert hjertelungeredningskurs og kunne anvende halv-automatisk hjertestarter. Hjertestarter var tilgjengelig ved laboratoriet. Det var også krav om å ha gjennomført laboratoriekurs på idrettsfysiologisk testlaboratorium ved Høgskolen.

Oppvarming foregikk i 10 minutter på estimert 50 – 70 % av maksimal hjertefrekvens.

Forsøkspersonene kunne velge mellom sykkel, romaskin eller tredemølle. Oppvarming skulle være lik på pre- og posttest.

Apparater benyttet var av typen OPS161 interchangeable leg press, Vertex USA Musclelab data synchronization unit (DSU) og Musclelab v1 Encoder (hastighetssnor). Arbeidsvei, hastighet på løft og beregning av power ble gjort av Musclelab testsystemet (Ergotest Innovation, Porsgrunn, Norge).

3.2.4 1RM beinpress

På forhånd hadde testpersonene testet squat jump og counter movement jump. Spensttesten hørte til hovedprosjektet og hensikten var å undersøke sammenhengen mellom spenst og MST. Denne masteroppgaven derimot tar bare utgangspunkt i data fra beinpresstesten.

Testperson fikk hvile i 3 - 5 minutter fra spensttestene til beinpressoppvarmingen startet. Tiden ble brukt til å forklare teknikk og gjennomgang. Testperson prøvesatt tre forskjellige rygginnstillinger for å finne den mest effektive vinkelen. På beinpressplaten var det markert opp nivåer for å gjenkjenne plasseringen av føttene. Innstillingen på beinpress på pre- og posttest skulle være lik. Testperson fikk prøve apparat uten eller med liten belastning før teststart. På bakgrunn av kjønn, alder og treningserfaring estimerte testledere testpersonens 1RM. Oppvarming og testing foregikk slik:

1. 10 repetisjoner på 50 % av 1RM.
2. 5 repetisjoner på 60 % av 1RM.
3. 3 repetisjoner på 70 % av 1RM.
4. 1 repetisjon på 80 % av 1RM.

Etter den fjerde oppvarmingsserien økte belastningen gradvis helt til 1RM var nådd. Belastningen økte hvert sett på grunnlag av det testledere observerte og hva testperson selv ga uttrykk for. Når testperson ikke klarte å utføre en repetisjon, var 1RM nådd. Det ble gitt et ekstra forsøk dersom dette var ønskelig og hvis testledere mente det kunne gjennomføres. Teknikk og dybde ble observert av testledere for at løftet skulle godkjennes. Det var alltid to testledere som sikret, hvor den ene også ga klarsignal på dybde. Mellom hver serie under oppvarming og testing var det alltid pause på 3 - 5 minutter. Testpersonene ble oppfordret til å tenke på noe som gjorde dem sint og opphisset før de skulle løfte. Power fra løftet på 1RM på pretest og løftet på posttest som var nærmest denne belastningen, er dataen som er anvendt til sammenligning i denne oppgaven.

Teknikken som ble instruert på beinpress i dette prosjektet er som følger: Testperson skal ha beina i skulderavstand og vekten skal ligge på midten av foten og hælene. Hendene skal ta tak enten under setet eller på nederste del av ryggen. Testperson løfter opp platen med beina til utgangsposisjon og avsikrer maskinen med hjelp fra testledere. Kneleddet skal være litt bøyd i utgangsposisjon. Testperson trekker pusten godt og senker platen rolig og kontrollert ned til 90° i femur og tibia. Det gis klarsignal av testleder i korrekt dybde. Testperson dytter så maksimalt tilbake til utgangsposisjon. Sikringen blir satt på igjen. Pusten skal holdes fra

testperson begynner eksentrisk fase og tilbake til utgangsposisjon. Mellom løftene blir de oppfordret til å bevege seg.

3.3 Trening

Treningsperioden var på åtte uker. Forsøkspersonene skulle trene 4RM og fire sett, med pause på 3 - 5 minutter mellom hvert sett. Treningen var tre ganger i uken, slik at 24 økter var gjennomført etter perioden. Det ble satt krav om minst en hviledag mellom hver økt. Dersom forsøkspersonene drev regelmessig fysisk aktivitet tidligere skulle de fortsette på samme måte under intervensjonen.

Oppvarming foregikk på sykkel, romaskin eller jogging i 10 minutter på estimert 50 – 70 % av maksimal hjertefrekvens. Deretter ble 10 repetisjoner i beinpress gjennomført på en belastning tilsvarende 50 % av 1RM. Etter en kort pause skulle tre repetisjoner på en belastning tilsvarende 75 % gjennomføres. Testpersonene kunne utføre et ekstra oppvarmingssett før første arbeidssett dersom dette var behov. Belastningen på arbeidssettene i treningsperioden skulle være 4RM (85% av 1RM). Testperson løftet fire repetisjoner, men prøvde på fem repetisjoner dersom fire var for lett. Ved løft på fem repetisjoner måtte belastningen økes med 2.5 - 5kg og senkes med tilsvarende vekt dersom personen klarte tre eller færre.

I starten av intervensperioden til forsøkspersonene var testledere med på treningsøktene for å sikre, motivere, se på dybde og instruere ellers i forhold til gjennomførelse. Testpersonene fikk informasjon om treningsprogrammet muntlig og skriftlig. De fikk også utdelt et skjema hvor de noterte dato, belastning og repetisjoner (vedlegg 7) og et skjema hvor de noterte annen type trening i intervensjonsperioden (vedlegg 6). Testpersonene kunne trene på egenhånd først når testledere fikk inntrykk av at de forstod treningsprogrammet og treningen foregikk sikkert. Selv om noen trente på egenhånd var testledere innoom jevnlig og observerte. Enkelte har hatt behov for oppfølging gjennom alle ukene. De som trente på egenhånd ble likevel oppfordret til å organisere økter sammen med andre testpersoner. Det skulle ikke være flere enn fire personer per treningsøkt, av den grunn at pausene på 3 - 5 minutter måtte overholdes. De har hatt muligheten til å trene på beinpressmaskinen stående på testlaboratoriet ved Høgskolen, men kunne også trene på andre tilsvarende apparater. For restitusjon ble det etter hver treningsøkt oppfordret til å innta rask energi, som en sjokolademelk eller banan, og deretter spise et større og næringsrikt måltid innen 90 minutter.

Etter Helsinkideklarasjonens regler var utvalget informert om at de kunne trekke seg fra prosjektet når som helst, uten å oppgi grunn (WMA Declaration of Helsinki, 2013).

3.4 Statistikk

All statistisk analyse og grafiske fremstillinger i denne studien ble utført med hjelp av Microsoft Excel 2016. For å undersøke signifikante endringer i gruppene og mellom gruppene ble det anvendt parret og uparret t-test. Signifikansnivået ble satt til $P < 0.05$. Data i resultatdelen er presentert som gjennomsnitt med standardavvik. En korrelasjonsanalyse ble foretatt for å undersøke sammenhengen mellom utgangsnivå og fremgang i muskelstyrke. Det har også blitt laget en tabell over gjennomsnittlig forventet nivå i beinpress i forhold til kroppsvekt, alder og kjønn basert på 1RM-resultater fra fire tidligere beinpress-studier (tabell 4) (Lindle et al., 1997; Reynolds, Gordon, & Robergs, 2006; Kanegusuku et al., 2015; Unhjem et al., 2016a).

Tabell 4. Forventet 1RM (kg) i beinpress per kg kroppsvekt.

	20-årene	30-årene	40-årene	50-årene	60-årene	70+
Menn	2.5	2.45	2.3	2.2	2.05	1.8
Kvinner	1.5	1.47	1.38	1.32	1.23	1.08

1RM= en repetisjon maksimum, kg= kilogram.

4.0 Resultater

Åtte uker med MST resulterte i signifikant forbedring hos de yngre og eldre i 1RM beinpress. Treningen resulterte i en signifikant reduksjon i total lårvolum hos den yngre gruppen. Det ble ikke funnet signifikante endringer i power, lårmuskelvolum og kroppsvekt i aldersgruppene, og ikke i total lårvolum hos de eldre. Det ble heller ikke funnet forskjell i styrke, power, antropometri eller forventet 1RM mellom de yngre og de eldre voksne.

Intervensjonsgruppene er sammenlignet for muskelstyrke og antropometri (tabell 5).

Tabell 5. Fysiologiske resultater i intervensjonsgruppene.

	Yngre		Eldre	
	Pretrening	Posttrening	Pretrening	Posttrening
Styrke				
1RM (kg)	297.14±108.16	386.43±125.06	230±68.80	286.43±97.33
%Forventet 1RM	190.66±76.72		180.14±42.28	
Power (W)	590.76±380.55	626.99±398.65	368.97±257.64	453.43±307.58
Antropometri				
Total lår (cm ³)	10514.39±2208.82	10133.96±2365.11	9922.24±2339.19	10075.61±2476.93
Muskel lår (cm ³)	8416.77±1859.65	8152.97±2310.12	8553.74±2601.33	8044.54±2377.75
Kroppsvekt (kg)	80.83±12.39	81.30±11.72	76.53±11.75	77.31±11.88

Resultater er vist som gjennomsnitt ± standardavvik. Yngre= 26-49 år, Eldre= 51-73 år, N= testgrupper, 1RM= en repetisjon maksimum, kg= kilogram, W= watt, cm³= kubikkcentimeter.

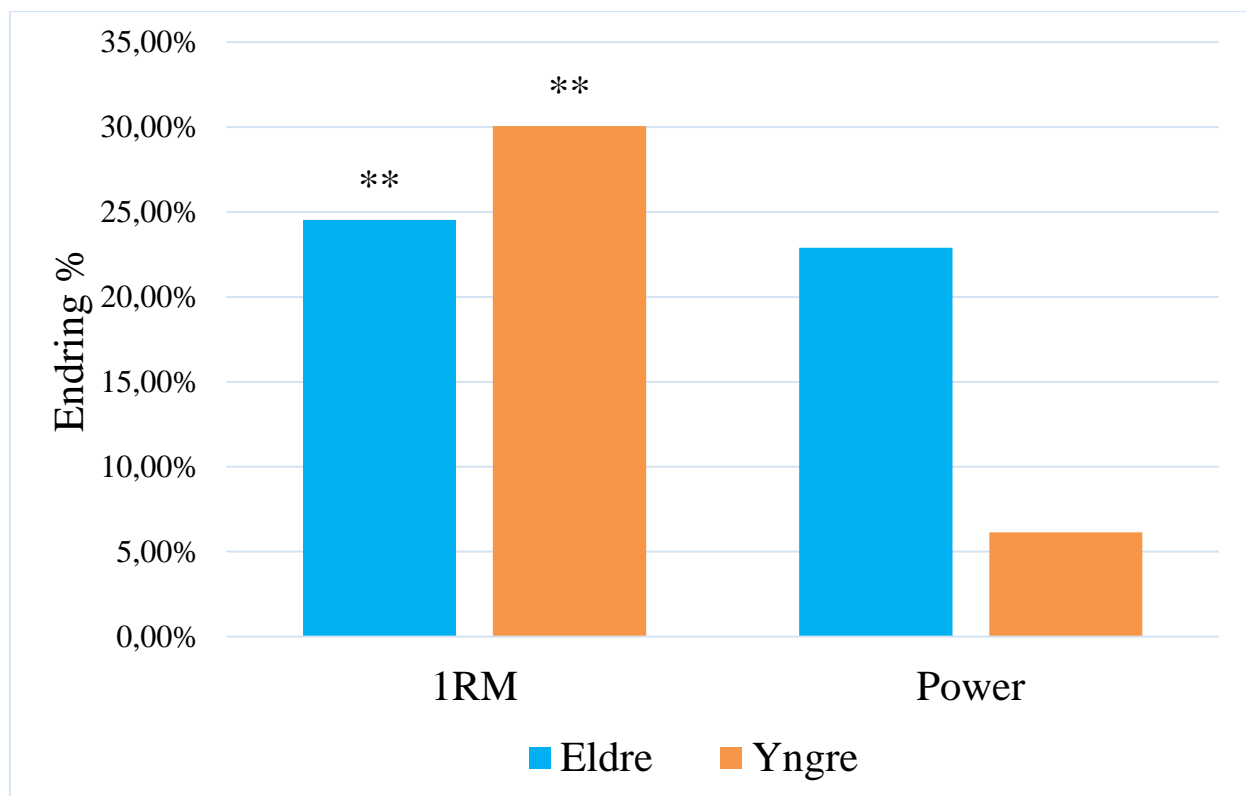
*Statistisk signifikante endringer fra pretest (P<0.05).

** Statistisk signifikante endringer fra pretest (P<0.01).

4.1 1RM og Power

Maksimal styrke i beinpress økte signifikant ($P < 0.01$) hos den eldre (24.53%) gruppen. Power var uendret ($P = 0.08$) etter treningsperioden. Intervensjonen resulterte også i signifikant ($P < 0.01$) fremgang i muskelstyrke hos den yngre (30.05%) gruppen. Samtidig var power uendret ($P = 0.33$). Det ble ikke funnet forskjeller i 1RM og power ved pre- og posttest mellom aldersgruppene.

Figur 2. Prosentvis endring fra pre- til posttest i aldersgruppene.



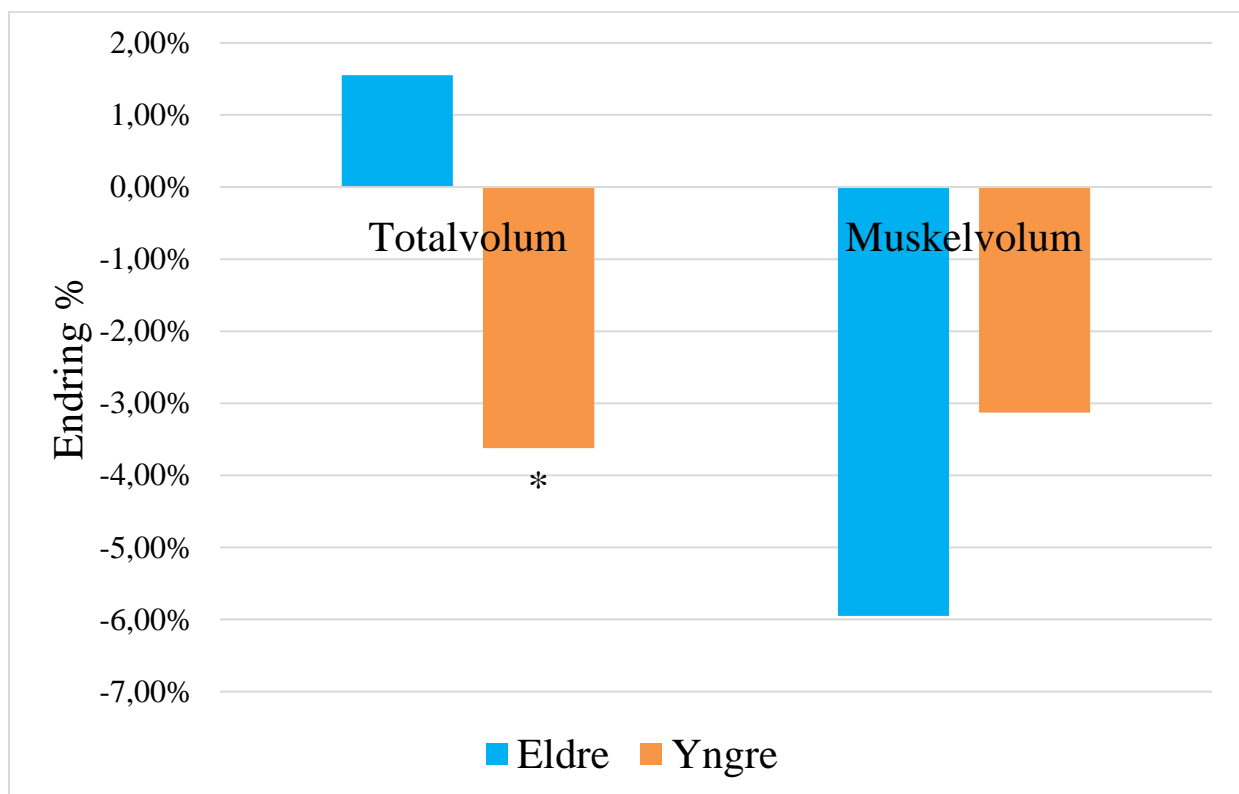
Yngre= 26-49 år, Eldre= 51-73 år, 1RM= en repetisjon maksimum.

** Statistisk signifikant endring fra pretest ($P < 0.01$).

4.2 Totalvolum lår og muskelvolum lår

Intervensjonen resulterte i signifikant ($P < 0.05$) nedgang (-3.62%) i totalvolum hos den yngre gruppen. Samtidig var muskelvolum uendret ($P = 0.21$). Totalvolum ($P = 0.56$) og muskelvolum ($P = 0.38$) hos den eldre gruppen var uendret etter treningsperioden. Forskjeller mellom aldersgruppene ble ikke funnet ved pre- og posttest i totalvolum og muskelvolum.

Figur 3. Prosentvis endring fra pre- til posttest i aldersgruppene.



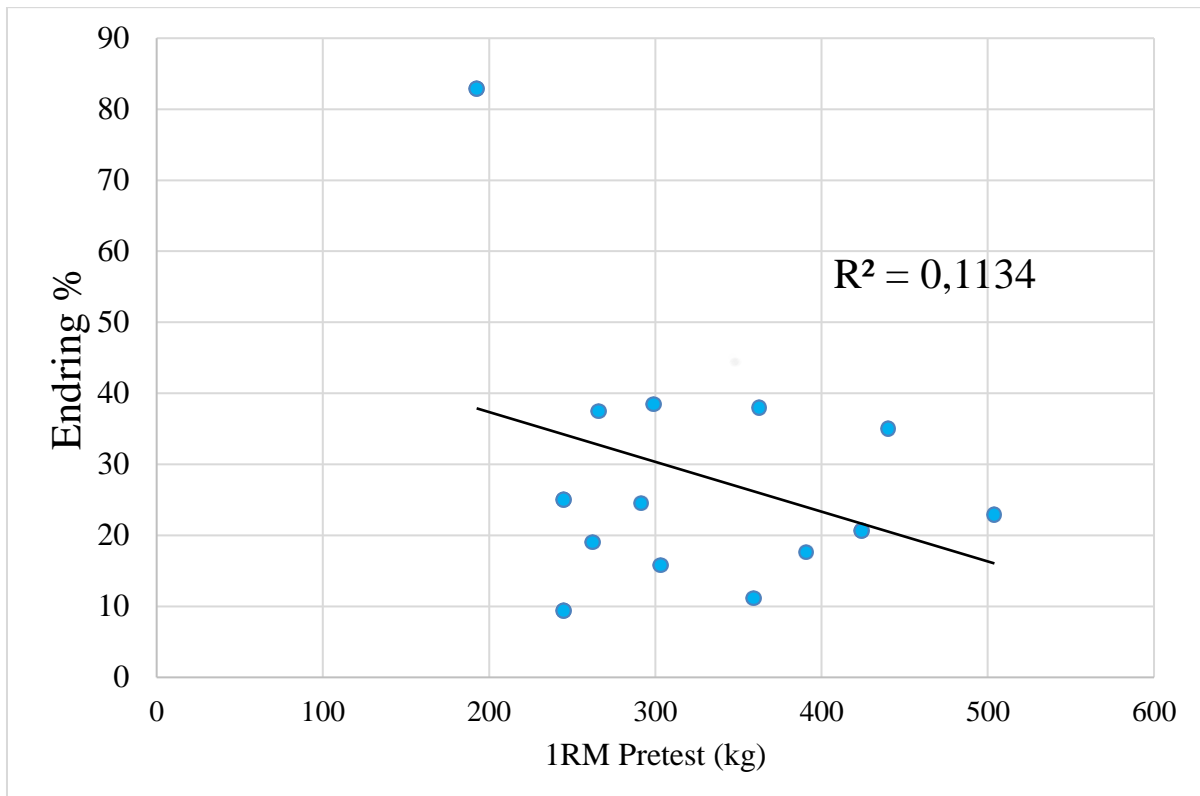
Yngre= 26-49 år, Eldre= 51-73 år.

* Statistisk signifikant endring fra pretest ($P < 0.05$).

4.3 Korrelasjonsanalyse mellom utgangsnivå og fremgang

Korrelasjonsanalyse mellom utgangsnivå korrigert for kjønn, alder og fremgang i prosent viste at det ikke var noen sammenheng mellom utgangsnivå og fremgang på utvalget i denne studien ($R=0.33$, $P=0.05$).

Figur 4. Sammenheng mellom 1RM pretest og prosentvis forbedring til posttest.



1RM= en repetisjon maksimum, kg= kilogram. 1RM pretest er korrigert for alder og kjønn etter tabell 4.

5.0 Diskusjon

Hovedfunnene i denne studien var at MST økte maksimal styrke signifikant hos både yngre og eldre voksne, uten signifikant forskjell mellom aldersgruppene. Med unntak av en liten nedgang i total lårvolum i den yngre gruppen, ble det ikke funnet endringer i total- eller muskelvolum. Økningene i maksimal styrke er trolig derfor et resultat av nevro-muskulære tilpasninger, og ikke først og fremst hypertrofi.

5.1 Maksimal styrke

Resultater fra den foreliggende studien viste at de yngre (30.05%) og eldre (24.53%) økte muskelstyrke signifikant, mens det ikke var noen signifikant forskjell i fremgang mellom aldersgruppene. Tidligere MST-studier (tabell 1) fant en gjennomsnittsokning i 1RM på 42.9%. Dette er noe høyere enn fremgangen vist hos den yngre (30.05%) gruppen i denne studien. Det er også tidligere vist en større prosentvis økning på 55.07% i 1RM (tabell 2) hos eldre, sammenlignet med de eldre (24.53%) i denne studien.

Forventet fremgang etter MST varierer i tidligere studier (tabell 1 og 2). Unhjem et al. (2016b) kan vise til en fremgang på 88% og 82% i 1RM og RFD fra kneektensjon. Resultater fra Sundes et al. (2010) resultater viste en lavere økning på henholdsvis (hhv) 14.2% i 1RM og 16.7% i power. Treningsregimet i begge disse studiene er relativt likt sammenlignet med det foreliggende studiet, men de spesielle utvalgene, som er rusmisbrukere (Unhjem et al., 2016b) og godt trente syklistere (Sunde et al., 2010), kan være årsaken til de store forskjellene. Det gjør ikke bare disse studiene vanskelig å sammenligne direkte, men dette gjelder alle studiene i tabell 1 og 2, da de i stor grad kan ha blitt påvirket av forskjeller i metode og utvalg. Dette gjelder spesielt for studiene i tabell 2. Selv om utvalget er i samme alder og treningsregimet er relativt likt, vil det forventes større fremgang av en pasientgruppe (Hoff et al., 2007; Karlsen et al., 2009; Wang et al., 2010; Hill et al., 2012) siden de var på et lavere utgangspunkt enn utvalget i den foreliggende studien. Dette gjenspeiles i disse tidligere studiene ved at preverdiene fra 1RM i beinpress var lave sammenlignet med preverdiene i denne studien. Utvalget med lavest fremgang i begge aldersgrupper i tidligere studier har vært godt trente utholdenhetsutøvere (Støren et al., 2008; Sunde et al., 2010; Barret-O'Keefe et al., 2012), noe som bekrefter betydningen av treningsstatus for progresjon. Støren et al. (2017) har tidligere vist en klar negativ sammenheng mellom utgangsnivå og fremgang i en standardisert intervensjon når det gjelder utholdenhet. Imidlertid ble det ikke funnet noen slik

sammenheng i den foreliggende oppgaven (figur 4), noe som kan skyldes et lavt antall forsøkspersoner (N). En tidligere studie (Wang et al., 2017) skiller seg ut ved å være mer sammenlignbar med det eldre utvalget i den foreliggende oppgaven. Wang et al. (2017) rapporterte om en større prosentvis fremgang sammenlignet med den foreliggende oppgaven, hhv. 68 % i 1RM og 48 % i RFD.

Power var uendret etter treningsperioden hos både de yngre ($P=0.33$) og de eldre ($P=0.08$) i den foreliggende oppgaven. Resultatene samsvarer ikke med tidligere MST-studier på yngre og eldre som øker RFD og power signifikant med liten eller ingen endring i kroppsmasse (Hoff et al., 2007; Støren et al., 2008; Sunde et al., 2010; Wang et al., 2010). Det ville være naturlig å anta at endringene som har oppstått i maksimal styrke blant annet er fra økt evne til å rekruttere og fyre motoneuroner og motoriske enheter under arbeidet, samt av økt fyringsfrekvens under maksimalt arbeid (Raastad et al., 2010). I lys av Hennemanns et al. (1957) størrelsesprinsipp, vil man kunne aktivere større og flere type II enheter etter treningsbelastning på 85 % av 1RM eller mer. Tilpasningen kan forekomme etter helt ned mot tre uker med tung styrketrening (Moritani & deVries, 1979; Moritani & deVries, 1980; Häkkinen et al., 1996). På grunn av treningsstatusen til utvalget kan det antas at ikke alle høyterskelenhetene var rekruttert på pretest, men at dette er blitt innlært underveis (Shield & Zhou, 2004; Raastad et al., 2010). Imidlertid ville det også være naturlig å anta at dette skulle ført til en tilsvarende fremgang i power som vist i tidligere studier (Hoff et al., 2007; Støren et al., 2008; Sunde et al., 2010; Wang et al., 2010).

Fremgangen i maksimal muskelstyrke fra denne studien kan også skyldes bedre koordinering av agonister og antagonister hos de yngre og eldre (Moritani & DeVries, 1980; Rutherford & Jones, 1986; Häkkinen et al., 1998a). Dette kan ha ført til at agonistene har fått bedret forankringspunkt og dermed større netto bevegelseskraft i bevegelsesretning (Sale, 1988; Raastad et al., 2010). Styrketrening og beinpressteknikk var ukjent for flere testpersoner, bedret teknikk fra pre- til posttest kan derfor ha påvirket resultatet (Rutherford & Jones, 1986; Keen et al., 1994; Smith et al., 2003). Dette gjenspeiles ved at det var større behov for å påpeke teknikk i starten og mindre mot slutten i intervensjonen. Det er vanskelig å konkludere i hvilken grad agonist, antagonist og synergist aktivering har påvirket resultatene når det ikke er foretatt målinger på muskelaktivitet, men basert på litteraturen kan dette antas (Moritani & DeVries 1980; Keen et al., 1994; Häkkinen et al., 1998a). Stivheten og tverrsnittet til senen er heller ikke registrert, men likevel kan dette ha vært en medvirkende faktor til fremgang i

studien når andre studier rapporterte om signifikant fremgang på 12 - 14 uker (Kubo et al., 2001; Reeves et al., 2003).

5.2 Lik fremgang i maksimal styrke og power blant de unge og de eldre

Resultater i den foreliggende studien viste høyere power tilsvarende 6.13 % for yngre og 22.89 % for eldre. Fremgangen var ikke signifikant i noen av de to gruppene, som kan skyldes lav N. Imidlertid fant Sunde et al. (2010) signifikant økt power (16.7%) etter MST-perioden hos aktive syklistere, med omtrent samme N. Dette kan tyde på at det var større homogenitet i treningsadaptasjoner i utvalget til Sunde et al. (2010). Funnene fra den foreliggende oppgaven så heller ikke ut til å være i overensstemmelse med Wang et al. (2017), som fant signifikante endringer i RFD (48%) og toppkraft (5%) hos det eldre utvalget. Likevel viste resultatene en litt større fremgang hos de eldre (22.89%) sammenlignet med de yngre (6.13%), uten at det var signifikant forskjell. Det kan muligens tyde på aldersrelaterte endringer, selv om dette er spekulativt med tanke på ikke-signifikante funn. Eldre har vist høyere grad av koaktivering for å stabilisere ledd under kontraksjoner (Häkkinen et al., 1998b; Izquierdo et al., 1999). Dette kan i følge Häkkinens et al. (1998a) reduseres og bidra til muskelstyrkeøkninger etter trening på 50 – 80 % av 1RM.

Tidligere litteratur har rapportert at evnen til å utvikle kraft hurtig er lavere hos eldre sammenlignet med yngre (Barry et al., 2005; Klass et al., 2008; Hvid et al., 2010). Dette ble ikke bekreftet i den foreliggende oppgaven, som ikke fant signifikante forskjeller i power hverken før eller etter treningsperioden mellom aldersgruppene. Selv om forskjeller mellom unge og eldre i den foreliggende oppgaven ikke var signifikante, kan det være verdt å merke seg at RFD var litt lavere hos det eldre utvalget (hhv. 368.97 og 590.76W) og at fremgangen på 22.89 % var litt større hos de eldre, enn hos de yngre (6.13%).

Til sammenligning rapporterte Wang et al. (2017) om 48 % signifikant fremgang i RFD hos det eldre utvalget etter å ha gjennomført en lignende treningsprotokoll. I Häkkinen et al. (1998a) økte kvinner og menn (40 og 70 år) like mye i RFD, som følge av en variert belastning fra 50 – 80 % av 1RM i treningsperioden på seks måneder. Det er vanskelig å si nøyaktig i hvilken grad RFD har påvirket resultatene da det ikke er målt direkte, men det er naturlig å forvente en økning på bakgrunn av signifikante økninger i tidligere MST-studier (Hoff et al., 2007; Støren et al., 2008; Unhjem et al., 2016b; Wang et al., 2017).

5.3 Tverrsnitt

Antropometriske målinger fra denne studien fant ingen økninger i kroppsvekt, total lårvolum eller muskel lårvolum. Litt uventet viste dataene signifikant nedgang i total lårvolum (-3.62%, $P < 0.05$) hos de yngre, samtidig som muskelvolum var uendret ($P = 0.21$). Resultatene til de eldre viste ingen signifikante endringer i totalvolum ($P = 0.56$) og muskelvolum ($P = 0.38$). Forutsatt reliable volumberegninger, tyder dette på at fremgangen i maksimal styrke i liten grad skyldes hypertrofi. Tidligere relativt kortvarige MST-studier (Hoff et al., 2007; Støren et al., 2008; Wang et al., 2010; Barret-O'Keefe et al., 2012; Heggelund et al., 2013) har også vist økt muskelstyrke uten signifikante endringer i kroppsvekt og muskelmasse.

Fire tidligere MST-studier fra tabell 1 og 2 har undersøkt hypertrofi etter MST. Resultatene fra den foreliggende oppgaven samsvarer med Barret-O'Keefe et al. (2012) og Heggelund et al. (2013) med tanke på uendret kroppsvekt. Campos et al. (2002) og Wang et al. (2017) har gjennom muskelbiopsi funnet en økning av tverrsnittsarealet til fibre, samt en større andel type II fibre etter MST-perioden. Imidlertid ble ikke tverrsnittsareal på fibernivå undersøkt i den foreliggende oppgaven. Vi kan derfor ikke utelukke en tilsvarende spesifikk økning av type II fiberareal også her. Treningsprotokollen hos Wang et al. (2017) var relativt lik sammenlignet med den som ble brukt i den foreliggende oppgaven. Wang et al. (2017) rapporterte at 24 økter over åtte uker, med fire sett og fire repetisjoner, var tilstrekkelig for å oppnå et signifikant større areal på type II fibre hos eldre (72 år).

Til forskjell fra den foreliggende oppgaven benyttet Campos et al. (2002) i sin hypertrofitreningsgruppe 12 sett fordelt på beinpress, knebøy og kneekstensjon i intervensjonsperioden, noe som kan ha ført til større totalbelastning (summen av mekanisk og metabolsk belastning). Denne belastningen kan så ha blitt etterfulgt av høyere nivåer av lokale vekstfaktorer og hormoner (Kraemer et al., 1991; Kraemer et al., 2002b). Utvalget i Campos et al. (2002) består også kun av utrente, noe som kan ha ført til raskere fremgang enn i den foreliggende studien, selv om det i den foreliggende oppgaven ikke ble påvist noen sammenheng mellom utgangsnivå og fremgang i 1RM.

Resultater fra tidligere treningsintervensjoner har vist at styrketrening effektivt øker muskelens tverrsnitt med 8.5 % i gjennomsnitt hos yngre og eldre (utrente og trente) etter 11 uker (Wernbom et al., 2007). Treningsmetodene har dog vært noe annerledes sammenlignet med MST. Utvalget har trent med en gjennomsnittlig belastning på 66 % av 1RM (9rep) og 60 repetisjoner fordelt på seks sett. Treningsintervensjoner med moderat volum og moderat

belastning har vist å stimulere i større grad til hypertrofi (større metabolsk belastning), enn lavt volum og tung belastning som er mer gunstig for maksimal styrke (Weiss et al., 1999; Weiss et al., 2000; Campos et al., 2002; Wernbom et al., 2007)

Styrketrening kan påvirke hormonelle nivåer hos yngre og eldre, men hormonelle endringer ble ikke undersøkt i den foreliggende oppgaven og vil av den grunn være vanskelig å si noe om. Karlsen et al. (2009) rapporterte at testosteronnivåene ikke ble økt etter MST hos eldre pasienter (66.5 år). Det ble benyttet kun to minutters pause mellom settene (sammenlignet med 3-5 minutter i den foreliggende oppgaven), noe som kan ha ført til større grad av metabolsk stress hos Karlsen et al. (2009). Kraemer et al. (1990) derimot rapporterte at pausene må være enda kortere (1 min) og repetisjonene flere (10RM) for å øke testosteron og veksthormonnivåene gjennom metabolsk stress hos en treningsgruppe av yngre (24 år). Gruppen til Kraemer et al. (1990) som trente 5RM med tre minutters pause viste heller ingen hormonelle endringer i samme studie.

5.4 Ikke sammenheng mellom utgangsnivå og fremgang

Korrelasjonsanalysen (figur 4) viste at det ikke var en sammenheng mellom utgangsnivå og fremgang i 1RM beinpress hos utvalget i denne studien ($R=0.33$, $P=0.05$). Dette samsvarer ikke med Støren et al. (2017), som rapporterte at utvalget med lavest VO_2 -maks også hadde størst fremgang etter treningsperioden. Resultatene er heller ikke i overensstemmelse med Kraemer et al. (2002a) som rapporterte at styrketrente individer opplevde saktere fremgang sammenlignet med utrente i styrke.

5.5 Fysisk aktivitet

Fysisk aktivitet er kartlagt i hovedprosjektet for å undersøke hvordan dette kan ha påvirket resultatene. Forsøkspersonene har oppgitt hva de har trent, hvor lenge og med hvilken intensitet. Disse dataene var ikke klare da denne masteroppgaven skulle leveres og er derfor ikke presentert. Imidlertid kan disse dataene være av betydning med tanke på potensielle forklaringer av funn og ikke-funn i denne oppgaven.

5.6 Forskjeller mellom aldersgruppene

I den foreliggende oppgaven var det overaskende nok ikke signifikant forskjell i maksimal styrke i beinpress mellom de yngre og de eldre. Igjen kan dette skyldes en lav N eller en skjevhet i utvalgene med tanke på trenthet. Resultater fra tidligere studier (Kraemer et al., 1999; Häkkinen et al., 2000a; Häkkinen et al., 2000b; Macaluso et al., 2002; Morse et al., 2004) har rapportert lavere maksimal styrke hos eldre sammenlignet med yngre voksne. Resultater fra denne studien fant heller ingen forskjeller i total- ($P=0.64$) og muskelvolum ($P=0.91$) mellom det yngre og eldre utvalget ved baseline. Dette samsvarer imidlertid ikke med tidligere funn om et klart aldersrelatert skille i muskelmasse mellom yngre (20-årene) og eldre testpersoner (70-80 årene) (Young et al., 1984; Young et al., 1985; Klein et al., 2001; Morse et al., 2004). Det samsvarer heller ikke med Frontera et al. (1991), som rapporterte at aldersrelatert redusert muskelmasse var eneste årsak til lavere muskelstyrke. Årsaken til dette kan være at aldersspriket mellom det yngre og eldre utvalget i studiene deres er mye større sammenlignet med mitt. Resultatene fra den foreliggende oppgaven er likevel litt overraskende, da det skulle antas at 23 års forskjell mellom gruppene i snittalder ville bidratt til visse forskjeller, spesielt når de eldre er i en alder hvor muskelatrofien teoretisk akselererer.

I henhold til de fire studiene som til sammen danner forventet 1RM muskelstyrke ved pretest (tabell 4), viste resultatene at de yngre og eldre var 190.66 % og 180.14 % sterkere enn det som forventes av testpersoner korrigert for kroppsvekt, alder og kjønn i beinpress. Det ble ikke funnet signifikante ($P=0.24$) forskjeller mellom de yngre og eldre i hvor mye de var over forventningene.

Resultatene fra baseline-power viste at de eldre og yngre i gjennomsnitt produserte 368.97 ± 257.64 W og 590.76 ± 380.55 W. At forskjellen mellom gruppene ikke er signifikant ($P=0.23$) samsvarer ikke med tidligere studier som fant en signifikant forskjell i power mellom de yngre og eldre (Jozsi et al, 1999; Häkkinen et al., 2001). Resultatene fra den foreliggende oppgaven tyder på at ulike faktorer kan ha opprettholdt muskelstyrke og nervøs aktivitet i større grad hos de eldre, og/eller i mindre grad hos de yngre. Det skal ikke utelukkes at et større N eller et N med bare utrente hadde samsvart bedre med studiene som undersøker muskeltverrsnitt, muskelstyrke og power på tvers av alder.

Begge aldersgruppene viste altså signifikant fremgang i muskelstyrke og det var ingen signifikant forskjell mellom gruppene i fremgangen. Aldersforskjellen på 23 år har således

ikke begrenset muskelstyrkeresponsen etter MST i denne studien. Dette kan muligens skyldes at treningsformen hovedsakelig har vist å gi større effekt på nervesystemet, fremfor muskelvolumet.

5.7 Styrker og svakheter med studien

5.7.1 Utvalg

En stor fordel med denne masteroppgaven er at den undersøkte adaptasjoner til MST på tvers av ulike aldersgrupper (yngre og eldre voksne). Enkelte faktorer begrenser likevel studien. Dette er bare en del av det totale utvalget i hovedstudien, der det fortsatt samles inn data. Utvalget i denne oppgaven bestod derfor av en lav N (7 yngre og 7 eldre). De to aldersgruppene har slik sett fungert som kontrollgrupper for hverandre, men det er ikke inkludert en kontrollgruppe som ikke gjennomfører MST-intervensjon. Imidlertid har tidligere MST-intervensjoner med ikke-trenende kontrollgrupper ikke dokumentert endringer fra pre- til posttest på kontrollgruppene (Støren et al., 2008; Sunde et al., 2010; Unhjem et al., 2016b).

Rekrutteringsprosessen har hovedsakelig foregått i lokalsamfunnet i nærheten av testlaboratoriet. Utvalget var rekruttert fra ett spesifikt område. Resultatene kan dermed ikke generaliseres til en hel populasjon (Nyeng, 2012). De meldte selv interesse for deltakelse etter informasjon fra testledere og de som tilfredsstilte inklusjonskriteriene ble tatt med i studien. Dette kan ha medført at utvalget skiller seg ut fra resten av samfunnet (såkalt skjevt utvalg), da disse forsøkspersonene kan ha vært mer opptatt av helse eller mer motiverte for å trene enn andre (Nyeng, 2012).

Hovedprosjektet har som mål å rekruttere 90 mennesker. Fokuset har vært å rekruttere nok mennesker i starten, for så å stratifisere for matching på kjønn, treningsbakgrunn og nivå etter hvert som det danner seg et bilde av dette i enkelte aldersgrupper. Treningsbakgrunnen til de enkelte i det foreløpige utvalget varierte av den grunn en del. Noen trente ulike utholdenhetsaktiviteter, men de hadde til felles at ingen trente styrketrening på bein og hadde heller ikke trent det på minimum seks måneder (jamfør inklusjonskriteriene).

Inklusjon- og eksklusjonskriterier

Kriteriene ble satt for å sikre valide og reliable resultater under trygge forhold (Nyeng, 2012). Minimum 70 % av treningen skulle gjennomføres og er ansett som tilstrekkelig for å øke

muskelstyrke hos ikke styrketrente mennesker (Kraemer & Ratamess, 2004). To yngre testpersoner ble ekskludert på grunn av usammenhengende trening og for få økter i intervensjonsperioden.

Frafall

Underveis i studien mistet vi fem testpersoner (2 yngre og 3 eldre) på grunn av ulike smerter eller skader, hvorav fire av disse var latente før treningen startet – men der det ble vurdert på legeundersøkelsen at dette ikke ville innebære en uforholdsmessig risiko å delta. Vi valgte å være forsiktlige og veiledet heller forsøkspersoner ut av studien enn å ta sjansen på at mer alvorlige skader skulle oppstå. Frafallet i dette foreløpige utvalget lå dermed på 26.32 %. Tidligere MST-studier rapporterte at det ikke har forekommet frafall i studiene deres (Campos et al., 2002; Hoff et al., 2007; Støren et al., 2008; Fimland et al., 2009; Karlsen et al., 2009; Sunde et al., 2010; Wang et al., 2010; Barret-O’Keefe et al., 2012; Hill et al., 2012; Heggelund et al., 2013; Wang et al., 2017). Kun Unhjem et al. (2016b) rapporterte om tre (25%) frafall hos testgruppen av ukjente årsaker. Dersom det eventuelt skulle vise seg å være et noe større frafall enn vanlig knyttet til skadeomfang i den foreliggende hovedstudien når denne blir fullført, kan jeg per nå ikke angi noen gode grunner for dette, annet enn stor grad av forsiktighet.

Inndeling i grupper

Utvalget er delt inn i to aldersgrupper. Skillet mellom aldersgruppene er en aldersperiode hvor muskelstyrke og muskelmasse teoretisk reduseres ganske betraktelig (Lexell et al., 1988; Lindle et al., 1997). Det var interessant å undersøke om denne variabelen kunne bidratt til responsforskjeller. Mens det i hovedstudien er planlagt inndeling i seks ulike aldersgrupper (10-årsgrupper), er utvalget i den foreliggende oppgaven kun delt inn i to aldersgrupper for å sikre høy nok N i hver gruppe til at de statistisk kunne sammenlignes.

5.7.2 Testprotokoll

Forhåndsregler var fastsatt av sikkerhetsmessige årsaker og for å redusere mest mulig omfang av feilkilder. Valg av beinpress som øvelse ble gjort fordi løfteveien er låst og øvelsen er teknisk lett å utføre, noe som gjør at resultater blir mest mulig sammenlignbare på tvers av

aldersgruppene. Knebøy er også en relevant øvelse for å teste maksimal styrke, men hadde også gitt oss flere utfordringer med tanke på teknisk utførelse og krav til styrke i ryggstrekkerne, spesielt blant de eldste deltakerne.

Resultatene fra beinpress kan ha blitt påvirket av spensttestene gjort på forhånd. Til sammen i to hopptyper, hopper utvalget minimum seks og opptil 10 ganger maksimalt før beinpresstesten. Dette kan ha bidratt til en noe større grad av muskulær tretthet (Gandevia, 2001). Imidlertid kan det også ha vært gunstig med tanke på etterfølgende 1RM-test i beinpress på grunn av nevromuskulær pre-aktivering (Miyamoto, Kanehisa, Fukunaga, & Kawakami, 2011). Siden alle testpersonene har testet spenst i denne studien, vil sammenligning mellom aldersgruppene ikke bli påvirket i nevneverdig grad av dette.

En fordel ved studien er at de samme testlederne ledet på pre- og posttest. I tillegg hadde testledere samme arbeidsoppgaver under begge testene. Dette ble gjort for at gjennomføringen av testene skulle bli så lik som mulig. Det kunne være vanskelig å estimere 1RM hos testpersonene på forhånd. Det har medført at enkelte har hatt mange løft før 1RM ble funnet. De kunne da være noe mer slitne enn optimalt – noe som kan ha resultert i en litt lavere 1RM enn reelt ved baseline. På posttest ville ikke dette være et problem. En annen fordel med denne studien var at testene ble gjennomført på samme sted på pre- og posttest, samt at testene har foregått i uforstyrrede omgivelser med kun testledere til stede. En mulig svakhet er at enkelte tester har foregått på forskjellige tidspunkt på dagen, på grunn av tidsmangel. Det kan teoretisk ha påvirket resultatet i form av at testperson er mer opplagt på ulike tidspunkt på dagen. Før prosjektstart har hovedansvarlig vært tydelig både muntlig og skriftlig på hvordan gjennomføringen skal foregå. I prosjektet har det vært flere testledere med, og vi kan av den grunn ikke utelukke små grader av ulik gjennomføring innenfor de samme prinsippene.

Power som anvendes i denne oppgaven var data fra løftet på 1RM på pretest og løftet på posttest som var nærmest denne belastningen. Belastningen har vært relativt lik og har variert med rundt 5 - 10kg. I enkelttilfeller har variabelen vært større. Noen forsøkspersoner økte veldig mye i perioden. En testperson har økt 82.86 % i den yngre gruppen etter intervensjonen, fra 175kg til 320kg. Det vil si at powermålingen på 175kg fra pretest var 54.69 % av posttest 1RM på 320kg. Powermålingen fra posttest var altså fra innløftingen i dette eksempelet. Alle ble instruert om å mobilisere maksimalt i konsentrisk fase også under innløftingsløftene, men det kan synes vanskeligere å motivere seg for å ta i maksimalt på en submaksimal enn en maksimal vektbelastning. I tillegg ble testpersonene, av

sikkerhetsmessige årsaker, bedt om å ikke mobilisere maksimalt under de aller letteste løftene for å unngå rekyl fra fotplaten. Disse faktorene kan ha påvirket powerfremgangen og kan være årsaken til at powermålingen var uendret hos mange forsøkspersoner.

Antropometriske volum-målinger i denne studien var basert på metoden presentert i Layec et al. (2014). Det er potensielle feilkilder knyttet til at dette er en indirekte metode basert på måling av omkrets, millimeter med fettklype og gjennomsnittstall for knokkel og væskeinnhold. En styrke med studien er at samme testleder har tatt disse målingene ved pre- og posttest. Dette sikret at målingene foregikk mest mulig likt. Likevel skal det ikke utelukkes at det har forekommet manuelle feil ved målinger. Disse variablene var dog nøye kontrollert ved testing. Layec et al. (2014) testet to ulike målemetoder for å beregne muskelvolumet og rapporterte at det har forekommet forskjeller. De antropometriske målingene viste større muskelvolum enn MRI-metoden (magnetic resonance imaging), men Layec et al. (2014) påpeker at dette kunne skyldes færre målinger (3stk) sammenlignet med 15-20 bilder med MRI. Til tross for de mulige feilkildene oppgir Layec et al. (2014) at metoden er valid og reliabel for å måle muskelvolumet hos mennesker.

5.7.3 Trening

Den yngste aldersgruppen gjennomførte i gjennomsnitt 22.1 (92.26%) av treningsøktene i intervensjonsperioden. Tidligere MST-studier på yngre voksne (Støren et al., 2008; Fimland et al., 2009; Sunde et al., 2010; Barret-O'Keefe et al., 2012; Heggelund et al., 2013; Unhjem et al., 2016b) viste at treningsoppmøte i gjennomsnitt var 93.2 %, hvilket samsvarer godt med den foreliggende masteroppgaven. Den eldre gruppen fra denne studien trente i gjennomsnitt 21.71 (90.48%) økter. Tidligere MST-studier på eldre (Hoff et al., 2007; Karlsen et al., 2009; Wang et al., 2010; Wang et al., 2017) viste en gjennomsnittlig treningsgjennomføring på 99.71 %, hvilket også samsvarer godt med den foreliggende masteroppgaven.

Ved korte forkjølelser, reiseperioder på under en uke og eksklusive eventuelle skader eller infeksjonssykdommer, ble det gitt mulighet til å forlenge intervensjonsperioden til ni uker. Det er lite trolig at dette har påvirket resultatene.

I starten av treningen har flere testpersoner vist såpass stor fremgang at de har klart fem repetisjoner flere sett og treningsøkter etter hverandre, til tross for at vektbelastningen ble økt hver økt. Dette har ført til at ikke alle treningsøktene over åtte uker har bestått av 4RM

trening. Av praktiske årsaker ble treningsøkter også gjennomført utenfor laboratoriet, på lignende men ikke identiske beinpressapparater. Prinsippene og bevegelsesmønsteret har vært de samme, men de første 1 – 2 øktene på andre apparater enn testapparatet har kunnet blitt noe reduserte på grunn av tilvenningen til ny apparatur.

Siden styrketrening kan stimulere til å øke proteinsyntesen etter en treningsøkt, var det viktig at utvalget spiste tilstrekkelig og næringsrikt i perioden (Biolo et al., 1997; Kraemer et al., 2002b). Kostholdet til utvalget er ikke kartlagt i den foreliggende studien og vil være vanskelig å si noe om. Imidlertid ble deltakerne oppfordret til å innta ekstra næring rett etter hver treningsøkt. En plakat i treningsrommet og muntlige beskjeder fra testledere oppfordret dem til å få i seg raske karbohydrater rett etter økt og et større næringsrikt måltid så fort de kom hjem. For å oppnå hypertrofi er det viktig med proteinrik mat og det kan tenkes at deres regelmessige kosthold ikke er næringsrikt nok (Castaneda et al., 1995; Børsheim et al., 2008). For å styrke studien ytterligere kunne kostholdet blitt kartlagt, eller det kunne vært laget et skriv med kostholdsråd, slik at det var større mulighet for at testpersonene spiste hensiktsmessig hele perioden.

6.0 Konklusjon

Resultater fra denne masteroppgaven viste at alder ikke var noen begrensning for å øke maksimal styrke over åtte uker. Det ble ikke funnet forskjell mellom de to aldersgruppene med snittalder på hhv. 38 og 62 år. Basert på indirekte målinger av totalvolum og muskelvolum lår, ble det ikke funnet holdepunkter for å si at styrkeøkningen skyldtes økt muskeltverrsnitt i noen av de to aldersgruppene.

Referanser

- Aagaard, P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson, S. P., & Kjaer, M. (2010). Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scand J Med Sci Sports*, 20(1), 49-64. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01084.x
- Abbott, A. (2005). All pain, no gain? *Nature*, 433(7023), 188-9. doi: 10.1038/433188a
- Abe, T., Kojima, K., Kearns, C. F., Yohena, H., & Fukuda, J. (2003). Whole body muscle hypertrophy from resistance training: distribution and total mass. *Br J Sports Med*, 37(6), 543-5. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.37.6.543>
- Antonio, J., & Gonyea, W. J. (1993). Progressive stretch overload of skeletal muscle results in hypertrophy before hyperplasia. *J Appl Physiol* (1985), 75(3), 1263-71.
- Avela, J., & Komi, P. V. (1998). Reduced stretch reflex sensitivity and muscle stiffness after long-lasting stretch-shortening cycle exercise in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 78(5), 403-10. doi: 10.1007/s004210050438
- Bamman, M. M., Clarke, M. S., Feedback, D. L., Talmadge, R. J., Stevens, B. R., Lieberman, S. A., & Greenisen, M. C. (1998). Impact of resistance exercise during bed rest on skeletal muscle sarcopenia and myosin isoform distribution. *J Appl Physiol* (1985), 84(1), 157-63.
- Bamman, M. M., Newcomer, B. R., Larson-Meyer, D. E., Weinsier, R. L., & Hunter, G. R. (2000). Evaluation of the strength-size relationship in vivo using various muscle size indices. *Med Sci Sports Exerc*, 32(7), 1307-13.
- Bangsbo, J., & Larsen, H. B. (2001). Muscle fibre type characteristics of the runner. I Andersen, J. L (Red.), *Running and Science – in an Interdisciplinary Perspective* (s. 49-65). Copenhagen: Institute of Exercise and Sport Sciences.
- Baratta, R., Solomonow, M., Zhou, B. H., Letson, D., Chuinard, R., & D'Ambrosia, R. (1988). Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *Am J Sports Med*, 16(2), 113-22.
- Barret-O'Keefe, Z., Helgerud, J., Wagner, P. D., & Richardson, R. S. (2012). Maximal strength training and increased work efficiency: contribution from the trained muscle bed. *J Appl Physiol* (1985), 113(12), 1846-51. doi: 10.1152/jappphysiol.00761.2012

- Barry, B. K., Warman, G. E., & Carson, R. G. (2005). Age-related differences in rapid muscle activation after rate of force development training of the elbow flexors. *Exp Brain Res*, 162(1), 122-32. doi: 10.1007/s00221-004-2127-3
- Baumgartner, R. N., Waters, D. L., Gallagher, D., Morley, J. E., & Garry, P. J. (1999). Predictors of skeletal muscle mass in elderly men and women. *Mech Ageing Dev*, 107(2), 123-36.
- Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports med*, 15(6), 374-88.
- Bhasin, S., Woodhouse, L., Casaburi, R., Singh, A. B., Bhasin, D., Berman, N.,...Storer, T. W. (2001). Testosterone dose-response relationships in healthy young men. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 281(6), E1172-81.
- Biolo, G., Tipton, K. D., Klein, S., & Wolfe, R. R. (1997). An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 273(1 Pt 1), 122-9.
- Blanpied, P., & Smidt, G. L. (1993). The difference in stiffness of the active plantarflexors between young and elderly human females. *J Gerontol*, 48(2), M58-63.
- Blazevich, A. J., Cannavan, D., Coleman, D. R., & Horne, S. (2007). Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptations in human quadriceps muscles. *J Appl Physiol (1985)*, 103(5), 1565-75. doi: 10.1152/jappphysiol.00578.2007
- Blazevich, A. J., Gill, N. D., Bronks, R., & Newton, R. U. (2003). Training-specific muscle architecture adaptation after 5-wk training in athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 35(12), 2013-22. doi: 10.1249/01.MSS.0000099092.83611.20
- Bosco, C., & Komi, P. V. (1980). Influence of aging on the mechanical behavior of leg extensor muscles. *Eur J appl Physiol Occup Physiol*, 45(2-3), 209-19.
- Bottinelli, R., Canepari, M., Pellegrino, M. A., & Reggiani, C. (1996). Force-velocity properties of human skeletal muscle fibres: myosin heavy chain isoform and temperature dependence. *J Physiol*, 495 (Pt 2), 573-86.

- Bruusgaard, J. C., Johansen, I. B., Egner, I. M., Rana, Z. A., & Gundersen, K. (2010). Myonuclei acquired by overload exercise precede hypertrophy and are not lost on detraining. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 107(34), 15111-6. doi: 10.1073/pnas.0913935107
- Buchthal, F., & Schmalbruch, H. (1970). Contraction times and fibre types in intact human muscle. *Acta Physiol Scand*, 79(4), 435-52. doi: 10.1111/j.1748-1716.1970.tb04744.x
- Burke, L. M., Loucks, A. B., & Broad, N. (2006). Energy and carbohydrate for training and recovery. *J Sports Sci*, 24(7), 675-85. doi: 10.1080/02640410500482602
- Børsheim, E., Bui, Q. U., Tissier, S., Kobayashi, H., Ferrando, A. A., & Wolfe, R. R. (2008). Effect of amino acid supplementation on muscle mass, strength and physical function in elderly. *Clin Nutr*, 27(2), 189-95. doi: 10.1016/j.clnu.2008.01.001
- Callahan, D. M., Bedrin, N. G., Subramanian, M., Berking, J., Ades, P. A., Toth, M. J., & Miller, M. S. (2014). Age-related structural alterations in human skeletal muscle fibers and mitochondria are sex specific: relationship to single-fiber function. *J Appl Physiol (1985)*, 116(12), 1582-92. doi: 10.1152/jappphysiol.01362.2013
- Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F.,...& Staron, R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol*, 88(1-2), 50-60. doi: 10.1007/s00421-002-0681-6
- Canepari, M., Pellegrino, M. A., D'Antona, G., & Bottinelli, R. (2010). Single muscle fiber properties in aging and disuse. *Scand J Med Sci Sports*, 20(1), 10-9. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.00965.x
- Castaneda, C., Charnley, J. M., Evans, W. J., & Crim, M. C. (1995). Elderly women accommodate to a low-protein diet with losses of body cell mass, muscle function, and immune response. *Am J Clin Nutr*, 62(1), 30-9.
- Christie, A., & Kamen, G. (2010). Short-term training adaptations in maximal motor unit firing rates and afterhyperpolarization duration. *Muscle Nerve*, 41(5), 651-60. doi: 10.1002/mus.21539

- Cięszczyk, P., Ostanek, M., Arczewska, A., Leońska-Duniec, A., Sawczyn, S., Ficek, K., & Krupecki, K. (2011). Association of the ACTN3 R577X Polymorphism in Polish Power-Orientated Athletes. *J Hum Kinet*, 28, 55-61. doi: 10.2478/v10078-011-0022-0
- Cohn, S. H., Vartsky, D., Yasumura, S., Sawitsky, A., Zanzi, I., Vaswani, A., & Ellis, K. J. (1980). Compartmental body composition based on total-body nitrogen, potassium, and calcium. *Am J Physiol*, 239(6), E524-30.
- Cuthbertson, D., Smith, K., Babraj, J., Leese, G., Waddel, T., Atherton, P.,...Rennie, M. J. (2005). Anabolic signaling deficits underlie amino acid resistance of wasting, aging muscle. *FASEB J*, 19(3), 422-4. doi: 10.1096/fj.04-2640fje
- D'Antona, G., Pellegrino, M. A., Adami, R., Rossi, R., Carlizzi, C. N., Canepari, M., Saltin, B., & Bottinelli, R. (2003). The effect of ageing and immobilization on structure and function of human skeletal muscle fibers. *J Physiol*, 552(Pt 2), 499-511. doi: 10.1113/jphysiol.2003.046276
- Dahl, H. A., & Jensen, J. (2016). *Treningens biologiske grunnlag*. Oslo: Cappelen Damm AS.
- Dalpozzo, F., Gérard, P., De Pasqua, V., Wang, F., & Maertens de Noordhout, A. (2002). Single motor axon conduction velocities of human upper and lower limb motor units. A study with transcranial electrical stimulation. *Clin Neurophysiol*, 113(2), 284-91.
- de Ruitter, C. J., Kooistra, R. D., Paalman, M. I., & de Haan, A. (2004). Initial phase of maximal voluntary and electrically stimulated knee extension torque development at different knee angles. *J Appl Physiol (1985)*, 97(5), 1693–1701. doi: 10.1152/jappphysiol.00230.2004
- Deschenes, M. R. (2004). Effects of aging on muscle fibre type and size. *Sports Med*, 34(12), 809-24.
- Doherty, T. J. (2003). Invited Review: Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol (1985)*, 95(4), 1717-27. doi: 10.1152/jappphysiol.00347.2003
- Doherty, T. J., & Brown, W. F. (1997). Age-related changes in the twitch contractile properties of human thenar motor units. *J Appl Physiol (1985)*, 82(1), 93-101.
- Doherty, T. J., Vandervoort, A. A., & Brown, W. F. (1993a). Effects of ageing on the motor unit: a brief review. *Can J Appl Physiol*, 18(4), 331-58.

- Doherty, T. J., Vandervoort, A. A., Taylor, A. W., & Brown, W. F. (1993b). Effects of motor unit losses on strength in older men and women. *J Appl Physiol* (1985), 74(2), 868-74.
- Enns, D. L., & Tiidus, P. M. (2010). The influence of estrogen on skeletal muscle: sex matters. *Sports Med*, 40(1), 41-58. doi: 10.2165/11319760-000000000-00000
- Evans, W. (1997). Functional and metabolic consequences of sarcopenia. *J Nutr*, 127(5 Suppl), 998S-1003S.
- Eynon, N., Duarte, J. A., Oliveira, J., Sagiv, M., Yamin, C., Meckel, Y., Sagiv, M., & Goldhammer, E. (2009). ACTN3 R577X polymorphism and Israeli top-level athletes. *Int J Sports Med*, 30(9), 695-8. doi: 10.1055/s-0029-1220731
- Farina, D., Fosci, M., & Merletti, R. (2002). Motor unit recruitment strategies investigated by surface EMG variables. *J Appl Physiol* (1985), 92(1), 235-47.
- Farley, C. T., & Morgenroth, D. C. (1999). Leg stiffness primarily depends on ankle stiffness during human hopping. *J Biomech*, 32(3), 267-73. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9290\(98\)00170-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9290(98)00170-5)
- Ferrando, A. A., Sheffield-Moore, M., Yeckel, C. W., Gilkison, C., Jiang, J., Achacosa, A.,...Urban, R. J. (2002). Testosterone administration to older men improves muscle function: molecular and physiological mechanisms. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 282(3), E601-7. doi: 10.1152/ajpendo.00362.2001
- Fimland, M. S., Helgerud, J., Gruber, M., Leivseth, G., & Hoff, J. (2009). Functional maximal strength training induces neural transfer to single-joint tasks. *Eur J Appl Physiol*, 107(1), 21-9). doi: 10.1007/s00421-009-1096-4
- Fitts, R. H., & Widrick, J. J. (1996). Muscle mechanics: adaptations with exercise-training. *Exerc Sport Sci Rev*, 24, 427-73.
- Foldvari, M., Clark, M., Laviolette, L. C., Bernstein, M. A., Kaliton, D., Castaneda, C.,...Singh, M. A. (2000). Association of muscle power with functional status in community-dwelling elderly women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55(4), M192-9.
- Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training : morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med*, 37(2), 145-68.

- Frontera, W. R., Hughes, V. A., Fielding, R. A., Fiatarone, M. A., Evans, W. J., & Roubenoff, R. (2000a). Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol (1985)*, 88(4), 1321-6.
- Frontera, W. R., Hughes, V. A., Lutz, K. J., & Evans, W. J. (1991). A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J Appl Physiol (1985)*, 71(2), 644-50.
- Frontera, W. R., Suh, D., Krivickas, L. S., Hughes, V. A., Goldstein, R., & Roubenoff, R. (2000b). Skeletal muscle fiber quality in older men and women. *Am J Physiol Cell Physiol*, 279(3), C611-8.
- Fry, A. C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Med*, 34(10), 663-79. doi: 0112-1642/04/0010-0663
- Fry, A. C., Schilling, B. K., Staron, R. S., Hagerman, F. C., Hikida, R. S., & Thrush, J. T. (2003b). Muscle fiber characteristics and performance correlates of male Olympic-style weightlifters. *J Strength Cond Res*, 17(4), 746-54.
- Fry, A. C., Webber, J. M., Weiss, L. W., Harber, M. P., Vaczi, M., & Pattison, N. A. (2003a). Muscle fiber characteristics of competitive power lifters. *J Strength Cond Res*, 17(2), 204-10.
- Gallagher, D., Visser, M., De Meersman, R. E., Sepúlveda, D., Baumgartner, R. N., Pierson, R. N., Harris, T., & Heymsfield, S. B. (1997). Appendicular skeletal muscle mass: effects of age, gender, and ethnicity. *J Appl Physiol (1985)*, 83(1) 229-39.
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev*, 81(4), 1725-89.
- Gollhofer, A., Strojnik, V., Rapp, W., & Schweizer, L. (1992). Behaviour of triceps surae muscle-tendon complex in different jump conditions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 64(4), 283-91.
- Goodpaster, B. H., Park, S. W., Harris, T. B., Kritchevsky, S. B., Nevitt, M., Schwartz, A. V.,...Newman, A. B. (2006). The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. *J Geontol A Biol Sci Med Sci*, 61(10), 1059-64.

- Goto, K., Ishii, N., Kizuka, T., & Takamatsu, K. (2005). The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. *Med Sci Sports Exerc*, 37(6), 955-63.
- Gray, A., Feldman, H. A., McKinlay, J. B., & Longcope, C. (1991). Age, disease, and changing sex hormone levels in middle-aged men: results of the Massachusetts Male Aging Study. *J Clin Endocrinol Metab*, 73(5), 1016-25. doi: 10.1210/jcem-73-5-1016
- Griggs, R. C., Kingston, W., Jozefowics, R. F., Herr, B. E., Forbes, G., & Halliday, D. (1989). Effect of testosterone on muscle mass and muscle protein synthesis. *J Appl Physiol* (1985), 66(1), 498-503.
- Gundersen, K., & Bruusgaard, J. C. (2008). Nuclear domains during muscle atrophy: nuclei lost or paradigm lost? *J Physiol*, 586(11), 2675-81. doi: 10.1113/jphysiol.2008.154369
- Hall, Z. W., & Ralston, E. (1989). Nuclear domains in muscle cells. *Cell*, 59(5), 771-2.
- Harber, M. P., Fry, A. C., Rubin, M. R., Smith, J. C., & Weiss, L. W. (2004). Skeletal muscle and hormonal adaptations to circuit weight training in untrained men. *Scand J Med Sci Sports*, 14(3), 176-85. doi: 10.1111/j.1600-0838.2003.371.x
- Harridge, S. D., Bottinelle, R., Canepari, M., Pellegrino, M. A., Reggiani, C., Esbjörnsoon, M., & Saltin, B. (1996). Whole-muscle and single-fibre contractile properties and myosin heavy chain isoforms in humans. *Pflugers Arch*, 432(5), 913-20.
- Hasten, D. L., Pak-Loduca, J., Obert, K. A., & Yarasheski, K. E. (2000). Resistance exercise acutely increases MHC and mixed muscle protein synthesis rates in 78-84 and 23-32 yr olds. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 278(4), E620-6.
- Heggelund, J., Fimland, M. S., Helgerud, J., & Hoff, J. (2013). Maximal strength training improves work economy, rate of force development and maximal strength more than conventional strength training. *Eur J Appl Physiol*, 113(6), 1565-73. doi: 10.1007/s00421-013-2586-y
- Hennemann, E. (1957). Relation between Size of Neurons and Their Susceptibility to Discharge. *Science*, 126(3287), 1345-7.
- Henwood, T. R., & Taaffe, D. R. (2005). Improved physical performance in older adults undertaking a short-term programme of high-velocity resistance training. *Gerontology*, 51(2), 108-15. doi: 10.1159/000082195

- Higbie, E. J., Cureton, K. J., Warren, G. L., & Prior, B. M. (1996). Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *J Appl Physiol*, 81(5), 2173-81.
- Hill, T. R., Gjellesvik, T. I., Moen, P. M., Tørhaug, T., Fimland, M. S., Helgerud, J., & Hoff, J. (2012). Maximal strength training enhances strength and functional performance in chronic stroke survivors. *Am J Phys Med Rehabil*, 91(5), 393-400. doi: 10.1097/PHM.0b013e31824ad5b8
- Ho, K. Y., Evans, W. S., Blizzard, R. M., Veldhuis, J. D., Merriam, G. R., Samojlik, E.,...Thorner, M. O. (1987). Effects of sex and age on the 24-hour profile of growth hormone secretion in man: importance of endogenous estradiol concentrations. *J Clin Endocrinol Metab*, 64(1), 51-8. doi: 10.1210/jcem-64-1-51
- Hof, A. L. (1997). The relationship between electromyogram and muscle force. *Sportverletz Sportschaden*, 11(3), 79-86. doi: 10.1055/s-2007-993372
- Hoff, J., Tjønnå, A. E., Steinshamn, S., Høydal, M., Richardson, R. S., & Helgerud, J. (2007). Maximal strength training of the legs in COPD: a therapy for mechanical inefficiency. *Med Sci Sports Exerc*, 39(2), 220-6. doi: 10.1249/01.mss.0000246989.48729.39
- Holdys, J., Kryściak, J., Stanislawski, D., & Gronek, P. (2011). Polymorphism of the α -ACTN3 gene in individuals practising different sports disciplines. *Biol Sport*, 28, 101-106. doi: 10.5604/942738
- Horita, T., Komi, P. V., Nicol, C., & Kyröläinen, H. (1996). Stretch shortening cycle fatigue: interactions among joint stiffness, reflex, and muscle mechanical performance in the drop jump. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 73(5), 393-403.
- Hubbard, R. P., & Soutas-Little, R. W. (1984). Mechanical properties of human tendon and their age dependence. *J Biomech Eng*, 106(2), 144-50.
- Huijing, P. A. (1999). Muscle as a collagen fiber reinforced composite: a review of force transmission in muscle and whole limb. *J. Biomech*, 32(4), 329-345. doi: 10.1016/S00219290(98)00186-9

- Hunter, G. R., Wetzstein, C. J., Field, D. A., Brown, A., & Bamman, M. M. (2000). Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults. *J Appl Physiol* (1985), 89(3), 977-84.
- Hvid, L., Aagaard, P., Justesen, L., Bayer, M. L., Andersen, J. L., Ørtenblad, N., Kjaer, M., & Suetta, C. (2010). Effects of aging on muscle mechanical function and muscle fiber morphology during short-term immobilization and subsequent retraining. *J Appl Physiol* (1985), 109(6), 1628-34. doi: 10.1152/jappphysiol.00637.2010
- Häkkinen, K., Alen, M., Kallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Lassila, H.,...Newton, R. U. (1998b). Muscle CSA, force production, and activation of leg extensors during isometric and dynamic actions in middle-aged and elderly men and women. *Journal of Aging and Physical Activity*, 6(3), 232-2477.
- Häkkinen, K., Alen, M., Kallinen, M., Newton, R. U., & Kraemer, W. J. (2000a). Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *Eur J Appl Physiol*, 83(1), 51-62. doi: 10.1007/s004210000248
- Häkkinen, K., Kallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Lassila, H., Mälkiä, E.,...Alen, M. (1998a). Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J Appl Physiol* (1985), 84(4), 1341-9.
- Häkkinen, K., Kallinen, M., Linnamo, V., Pastinen, U. M., Newton, R. U., & Kraemer, W. J. (1996). Neuromuscular adaptations during bilateral versus unilateral strength training in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiol Scand*, 158(1), 77-88. doi: 10.1046/j.1365-201X.1996.523293000.x
- Häkkinen, K., Kraemer, W. J., Newton, R. U., Alen, M. (2001). Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiol Scand*, 171(1), 51-62. doi: 10.1046/j.1365-201X.2001.00781.x
- Häkkinen, K., Newton, R. U., Gordon, S. E., McCormick, M., Volek, J. S., Nindl, B. C.,...Kraemer, W. J. (1998c). Changes in muscle morphology, electromyographic activity, and force production characteristics during progressive strength training in young and older men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 53(6), B415-23.

- Häkkinen, K., Pakarinen, A., Kraemer, W. J., Newton, R. U., & Alen, M. (2000b). Basal concentrations and acute responses of serum hormones and strength development during heavy resistance training in middle-aged and elderly men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55(2), B95-105.
- Izquierdo, M., Ibañez, J., Gorostiaga, E., Garrues, M., Zúñiga, A., Antón, A., Larrión, J. L., & Häkkinen, K. (1999). Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiol Scand*, 167(1), 57-68. doi: 10.1046/j.1365-201x.1999.00590.x
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., Wang, Z. M., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *J Appl Physiol (1985)*, 89(1), 81-8.
- Jeejeebhoy, K. N. (1986). Muscle function and nutrition. *Gut*, Suppl 1, 25-39.
- Jensen, G. L. (2008). Inflammation: roles in aging and sarcopenia. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*, 32(6), 656-9. doi: 10.1177/0148607108324585
- Johnson, M. A., Polgar, J., Weightman, D., & Appleton, D. (1973). Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles. An autopsy study. *J Neurol Sci*, 18(1), 111-29. doi: 10.1016/0022-510X(73)90023-3
- Jokela, M., & Hanin, Y. L. (1999). Does the individual zones of optimal functioning model discriminate between successful and less successful athletes? A meta-analysis. *J Sports Sci*, 17(11), 873-87. doi: 10.1080/026404199365434
- Jozsi, A. C., Campbell, W. W., Joseph, L., Davey, S. L., & Evans, W. J. (1999). Changes in power with resistance training in older and younger men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 54(11), M591-6.
- Kahlert, S., Grohé, C., Karas, R. H., Löbbert, K., Neyses, L., & Vetter, H. (1997). Effects of estrogen on skeletal myoblast growth. *Biochem Biophys Res Commun*, 232(2), 373-8.
- Kallman, D. A., Plato, C. C., & Tobin, J. D. (1990). The role of muscle loss in the age-related decline of grip strength: cross-sectional and longitudinal perspectives. *J Gerontol*, 45(3), M82-8.
- Kamel, H. K., Maas, D., Duthie, E. H., Jr. (2002). Role of hormones in the pathogenesis and management of sarcopenia. *Drugs Aging*, 19(11), 865-77.

- Kamen, G., & Knight, C. A. (2004). Training-related adaptations in motor unit discharge rate in young and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 59(12), 1334-8.
- Kamen, G., Sison, S. V., Du, C. C., & Patten, C. (1995). Motor unit discharge behavior in older adults during maximal-effort contractions. *J Appl Physiol (1985)*, 79(6), 1908-13.
- Kanegusuku, H., Queiroz, A. C., Silva, V. J., de Mello, M. T., Ugrinowitsch, C., & Forjaz, C, L. (2015). High-intensity Progressive Resistance Training Increases Strength With No Change in Cardiovascular Function and Autonomic Neural Regulation in Older Adults. *J Aging Phys Act*, 23(3), 339-45. doi: 10.1123/japa.2012-0324
- Karlsen, T., Helgerud, J., Støylen, A., Lauritsen, N., & Hoff, J. (2009). Maximal strength training restores walking mechanical efficiency in heart patients. *Int J Sports Med*, 30(5), 337-42. doi: 10.1055/s-0028-1105946
- Kaufman, J. M., & Vermeulen, A. (1997). Declining gonadal function in elderly men. *Baillieres Clin Endocrinol Metab*, 11(2), 289-309.
- Kawakami, Y., Abe, T., & Fukunaga, T. (1993). Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. *J Appl Physiol (1985)*, 74(6), 2740-4.
- Kawamura, Y., Okazaki, H., O'Brien, P. C., & Dych, P. J. (1977). Lumbar motoneurons of man: I) number and diameter histogram of alpha and gamma axons of ventral root. *J Neuropathol Exp Neurol*, 36(5), 853-60.
- Keen, D. A., Yue, G. H., & Enoka, R. M. (1994). Training-related enhancement in the control of motor output in elderly humans. *J Appl Physiol (1985)*, 77(6), 2648-58.
- Kjaer, M. (2004). Role of extracellular matrix in adaptation of tendon and skeletal muscle to mechanical loading. *Physiol Rev*, 84(2), 649-698. doi: 10.1152/physrev.00031.2003
- Klass, M., Baudry, S., & Duchateau, J. (2007). Voluntary activation during maximal contraction with advancing age: a brief review. *European Journal of Applied Physiology*, 100(5), 543-51. doi: 10.1007/s00421-006-0205-x
- Klass, M., Baudry, S., & Duchateau, J. (2008). Age-related decline in rate of torque development is accompanied by lower maximal motor unit discharge frequency during fast contractions. *J Appl Physiol (1985)*, 104(3), 739-46. doi: 10.1152/jappphysiol.00550.2007

- Klein, C. S., Rice, C. L., & Marsh, G. D. (2001). Normalized force, activation, and coactivation in the arm muscles of young and old men. *J Appl Physiol (1985)*, 91(3), 1341-9.
- Knight, C. A., & Kamen, G. (2008). Relationships between voluntary activation and motor unit firing rate during maximal voluntary contractions in young and older adults. *Eur J Appl Physiol*, 103(6), 625-30. doi: 10.1007/s00421-008-0757-z
- Kosek, D. J., Kim, J. S., Petrella, J. K., Cross, J. M., & Bamman, M. M. (2006). Efficacy of 3 days/wk resistance training on myofiber hypertrophy and myogenic mechanisms in young vs. older adults. *J Appl Physiol (1985)*, 101(2), 531-44. doi: 10.1152/jappphysiol.01474.2005
- Kraemer, W. J., & Fleck, S. J. (1988). Resistance Training: Exercise Prescription (Part 4 of 4). *Phys Sportsmed*, 16(6), 69-81. doi: 10.1080/00913847.1988.11709528
- Kraemer, W. J., & Newton, R. U. (2000). Training for muscular power. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 11(2), 341-68.
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc*, 36(4), 674-88.
- Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Feigenbaum, M. S., Fleck, S. J.,...Triplet-Mcbride, T. (2002a). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 34(2), 364-80.
- Kraemer, W. J., Gordon, S. E., Fleck, S. J., Marchitelli, L. J., Mello, R., Dziados, J. E.,...Fry, A. C. (1991). Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *Int J Sports Med*, 12(2), 228-35. doi: 10.1055/s-2007-1024673
- Kraemer, W. J., Häkkinen, K., Newton, R. U., Nindl, B. C., Volek, J. S., McCormick, M.,...Evans, W. J. (1999). Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *J Appl Physiol (1985)*, 87(3), 982-92.
- Kraemer, W. J., Marchitelli, L., Gordon, S. E., Harman, E., Dziados, J. E., Mello, R.,...Fleck, S. J. (1990). Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *J Appl Physiol (1985)*, 69(4), 1442-50.
- Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., & French, D. N. (2002b). Resistance training for health and performance. *Curr Sports Med Rep*, 1(3), 165-71.

- Kryger, A. I., & Andersen, J. L. (2007). Resistance training in the oldest old: consequences for muscle strength, fiber types, fiber size, and MHC isoforms. *Scand J Med Sci Sports*, 17(4), 422-30. doi: 10.1111/j.1600-0838.2006.00575.x
- Kubo, K., Kanehisa, H., Ito, M., & Fukunaga, T. (2001). Effects of isometric training on the elasticity of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol (1985)*, 91(1), 26-32.
- Kuta, I., Parízková, J., Dýcka, J. (1970). Muscle strength and lean body mass in old men of different physical activity. *J Appl Physiol*, 29(2), 168-71.
- Larsson, L. (1978). Morphological and functional characteristics of the ageing skeletal muscle in man. A cross-sectional study. *Acta Physiol Scand Suppl*, 457, 1-36.
- Larsson, L., Grimby, G., & Karlsson, J. (1979). Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 46(3), 451-6.
- Larsson, L., Li, X., & Frontera, W. R. (1997). Effects of aging on shortening velocity and myosin isoform composition in single human skeletal muscle cells. *Am J Physiol*, 272(2 Pt 1), C638-49.
- Layec, G., Venturelli, M., Jeong, E. K., & Richardson, R. S. (2014). The validity of anthropometric leg muscle volume estimation across a wide spectrum: from able-bodied adults to individuals with a spinal cord injury. *J Appl Physiol (1985)*, 116(9), 1142-7. doi: 10.1152/jappphysiol.01120.2013
- Lee, W. S., Cheung, W. H., Qin, L., Tang, N., & Leung, K. S. (2006). Age-associated decrease of type IIA/B human skeletal muscle fibers. *Clin Orthop Relat Res*, 450, 231-7. doi: 10.1097/01.blo.0000218757.97063.21
- Leong, B., Kamen, G., Patten, C., & Burke, J. R. (1999). Maximal motor unit discharge rates in the quadriceps muscles of older weight lifters. *Med Sci Sports Exerc*, 31(11), 1638-44.
- Lexell, J. (1997). Evidence for nervous system degeneration with advancing age. *J Nutr*, 127(5 Suppl), 1011S-1013S.
- Lexell, J., & Downham, D. Y. (1991a). The occurrence of fibre-type grouping in healthy human muscle: a quantitative study of cross-sections of whole vastus lateralis from men between 15 and 83 years. *Acta Neuropathol*, 81(4), 377-81.

- Lexell, J., & Taylor, C. C. (1991b). Variability in muscle fibre areas in whole human quadriceps muscle: effects of increasing age. *J Anat*, 174, 239-249.
- Lexell, J., Downham, D. Y., Larsson, Y., Bruhn, E., & Morsing, B. (1995). Heavy-resistance training in older Scandinavian men and women: short- and long-term effects on arm and leg muscles. *Scand J Med Sci Sports*, 5(6), 329-41.
- Lexell, J., Henriksson-Larsén, K., Winblad, B., & Sjöström, M. (1983). Distribution of different fiber types in human skeletal muscles: effects of aging studied in whole muscle cross sections. *Muscle Nerve*, 6(8), 588-95. doi: 10.1002/mus.880060809
- Lexell, J., Taylor, C. C., & Sjöström, M. (1988). What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *J Neurol Sci*, 84(2-3), 275-94.
- Lindle, R. S., Metter, E. J., Lynch, N. A., Fleg, J. L., Fozard, J. L., Tobin, J., Roy, T. A., & Hurley, B. F. (1997). Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20-93 yr. *J Appl Physiol* (1985), 83(5), 1581-7.
- Macaluso, A., Nimmo, M. A., Foster, J. E., Cockburn, M., McMillan, N. C., & De Vito, G. (2002). Contractile muscle volume and agonist-antagonist coactivation account for differences in torque between young and older women. *Muscle Nerve*, 25(6), 858-63. doi: 10.1002/mus.10113
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *Eur J Appl Physiol*, 116(6), 1091-116. doi: 10.1007/s00421-016-3346-6
- Maganaris, C. N. (2000). In vivo measurement-based estimations of the moment arm in the human tibialis anterior muscle-tendon unit. *J Biomech*, 33(3), 375-9. doi: 2092/10.1016/S0021-9290(99)00188-8
- Manini, T. M., & Clark, B. C. (2012). Dynapenia and aging: an update. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 67(1), 28-40. doi: 10.1093/gerona/qlr010
- Martin, J. C., Farrar, R. P., Wagner, B. M., & Spirduso, W. W. (2000). Maximal power across the lifespan. *Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55(6), M311-6.

- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2007). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- Milner-Brown, H. S., & Stein, R. B. (1975). The relation between the surface electromyogram and muscular force. *J Physiol*, 246(3), 549-569.
- Milner-Brown, H. S., Stein, R. B., & Yemm, R. (1972). Mechanisms for increased force during voluntary contractions. *J Physiol*, 226(2), 18P-19P.
- Milner-Brown, H. S., Stein, R. B., & Yemm, R. (1973a). The orderly recruitment of human motor units during voluntary isometric contractions. *J Physiol*, 230(2), 359-370.
- Milner-Brown, H. S., Stein, R. B., & Yemm, R. (1973b). Changes in firing rate of human motor units during linearly changing voluntary contractions. *J Physiol*, 230(2), 371-90.
- Mitchell, W. K., Williams, J., Atherton, P., Larvin, M., Lund, J., & Narici, M. (2012). Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength; a quantitative review. *Front Physiol*, 11;3:260. doi: 10.3389/fphys.2012.00260
- Mittal, K. R., & Logmani, F. H. (1987). Age-related reduction in 8th cervical ventral nerve root myelinated fiber diameters and numbers in man. *J Gerontol*, 42(1), 8-10.
- Miyamoto, N., Kanehisa, H., Fukunaga, T., & Kawakami, Y. (2011). Effect of postactivation potentiation on the maximal voluntary isokinetic concentric torque in humans. *J Strength Cond Res*, 25(1), 186-92. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b62c1d.
- Moritani, T., & deVries, H. A. (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med*, 58(3), 115-30.
- Moritani, T., & deVries, H. A. (1980). Potential for gross muscle hypertrophy in older men. *J Gerontol*, 35(5), 672-82.
- Morley, J. E., Baumgartner, R. N., Roubenoff, R., Mayer, J., & Nair, K. S. (2001). Sarcopenia. *J Lab Clin Med*, 137(4), 231-43. doi: 10.1067/mlc.2001.113504

- Morse, C. I., Thom, J. M., Davis, M. G., Fox, K. R., Birch, K. M., & Narici, M. V. (2004). Reduced plantarflexor specific torque in the elderly is associated with a lower activation capacity. *Eur J Appl Physiol*, 92(1-2), 219-26. doi: 10.1007/s00421-004-1056-y
- Nakamura, H., Fukushima, H., Miwa, Y., Shiraki, M., Gomi, I., Saito, M.,...Moriwaki, H. (2006). A longitudinal study on the nutritional state of elderly women at a nursing home in Japan. *Intern Med*, 45(20), 1113-20.
- Narici, M. V., & Maganaris, C. N. (2006). Adaptability of elderly human muscles and tendons to increased loading. *J Anat*, 208(4), 433-43. doi: 10.1111/j.1469-7580.2006.00548.x
- Narici, M. V., Maffulli, N., & Maganaris, C. N. (2008). Ageing of human muscles and tendons. *Disabil Rehabil*, 30(20-22), 1548-54. doi: 10.1080/09638280701831058
- Narici, M. V., Maganaris, C. N., Reeves, N. D., & Capodaglio, P. (2003). Effect of aging on human muscle architecture. *J Appl Physiol (1985)*, 95(6), 2229-34. doi: 10.1152/jappphysiol.00433.2003
- Narici, M. V., Reeves, N. D., Morse, C. I., & Maganaris, C. N. (2004). Muscular adaptations to resistance exercise in the elderly. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 4(2), 161-4.
- Nyeng F. (2012). *Nøkkeltbegreper i forskningsmetode og vitenskapsteori*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Oatis, C. A. (1993). The use of a mechanical model to describe the stiffness and damping characteristics of the knee joint in healthy adults. *Phys Ther*, 73(11), 740-9.
- Oertel, G. (1986). Changes in human skeletal muscles due to ageing. Histological and histochemical observations on autopsy material. *Acta Neuropathol*, 69(3-4), 309-13.
- Onambele, G. L., Narici, M. V., & Maganaris, C. N. (2006). Calf muscle-tendon properties and postural balance in old age. *J Appl Physiol*, 100(6), 2048-56. doi: 10.1152/jappphysiol.01442.2005
- Onambele, G. L., Narici, M. V., Rejc, E., & Maganaris, C. N. (2007). Contribution of calf muscle-tendon properties to single-leg stance ability in the absence of visual feedback in relation to ageing. *Gait Posture*, 26(3), 343-8. doi: 10.1016/j.gaitpost.2006.09.081

- Orysiak, J., Busko, K., Michalski, R., Mazur-Różycka, J., Gajewski, J., Malczewska-Lenczowska, J., Sitkowski, D., & Pokrywka, A. (2014). Relationship between ACTN3 R577X polymorphism and maximal power output in elite Polish athletes. *Medicina (Kaunas)*, 50(5), 303-8. doi: 10.1016/j.medici.2014.10.002
- Paddon-Jones, D., Sheffield-Moore, M., Zhang, X. J., Volpi, E., Wolf, S. E., Aarsland, A., Ferrando, A. A., & Wolfe, R. R. (2004). Amino acid ingestion improves muscle protein synthesis in the young and elderly. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 286(3), E321-8. doi: 10.1152/ajpendo.00368.2003
- Patten, C., Kamen, G., & Rowland, D. M. (2001). Adaptations in maximal motor unit discharge rate to strength training in young and older adults. *Muscle Nerve*, 24(4), 542-50.
- Paul, A. C., & Rosenthal, N. (2002). Different modes of hypertrophy in skeletal muscle fibers. *J Cell Biol*, 156(4), 751-60. doi: 10.1083/jcb.200105147
- Phillips, S. M. (2000). Short-term training: when do repeated bouts of resistance exercise become training? *Can J Appl Physiol*, 25(3), 185-93.
- Pollock, M. L., Mengelkoch, L. J., Graves, J. E., Lowenthal, D. T., Limacher, M. C., Foster, C., & Wilmore, J. H. (1997). Twenty-year follow-up of aerobic power and body composition of older track athletes. *J Appl Physiol (1985)*, 82(5), 1508-16.
- Porter, M. M., Vandervoort, A. A., & Lexell, J. (1995). Aging of human muscle: structure, function and adaptability. *Scand J Med Sci Sports*, 5(3), 129-42. doi: 10.1111/j.1600-0838.1995.tb00026.x
- Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P. E., Rønnestad, R. B., & Wisnes, R. A. (2010). *Styrketrening – i teori og praksis*. Oslo, Gyldendal.
- Rantanen, T., Era, P., & Heikkinen, E. (1997). Physical activity and the changes in maximal isometric strength in men and women from the age of 75 to 80 years. *J Am Geriatr Soc*, 45(12), 1439-45.
- Reeves, N. D. (2006). Adaptation of the tendon to mechanical usage. *J Musculoskeletal Neuronal Interact*, 6(2), 174-80.

- Reeves, N. D., Maganaris, C. N., & Narici, M. V. (2003). Effect of strength training on human patella tendon mechanical properties of older individuals. *J Physiol*, 548(Pt 3), 971-81. doi: 10.1113/jphysiol.2002.035576
- Reynolds, J. M., Gordon, T. J., & Robergs, R. A. (2006). Prediction of one repetition maximum strength from multiple repetition maximum testing and anthropometry. *J Strength Cond Res*, 20(3), 584-92. doi: 10.1519/R-15304.1
- Rodriguez, N. R., Di Marco, N. M., & Langley, S. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc*, 41(3), 709-31. doi: 10.1249/MSS.0b013e31890eb86.
- Roman, W. J., Fleckenstein, J., Stray-Gundersen, J., Alway, S. E., Peshock, R., & Gonyea, W. J. (1993). Adaptations in the elbow flexors of elderly males after heavy-resistance training. *J Appl Physiol* (1985), 74(2), 750-4.
- Roos, M. R., Rice, C. L., Vandervoort, A. A. (1997). Age-related changes in motor unit function. *Muscle Nerve*, 20(6), 679-90.
- Roubenoff, R. (1993). Hormones, cytokines and body composition: can lessons from illness be applied to aging? *J Nutr*, 123(2 Suppl), 429-73.
- Roubenoff, R., & Hughes, V. A. (2000). Sarcopenia: current concepts. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55(12), M716-24.
- Rubinstein, S., & Kamen, G. (2005). Decreases in motor unit firing rate during sustained maximal-effort contractions in young and older adults. *J Electromyogr Kinesiol*, 15(6), 536-43. doi: 10.1016/j.jelekin.2005.04.001
- Rudman, D., Kutner, M. H., Rogers, C. M., Lubin, M. F., Fleming, G. A., & Bain, R. P. (1981). Impaired growth hormone secretion in the adult population: relation to age and adiposity. *J Clin Invest*, 67(5), 1361-9.
- Rutherford, O. M., & Jones, D. A. (1986). The role of learning and coordination in strength training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 55(1), 100-5.
- Sale, D. G. (1988). Neural adaption to resistance training. *Med Sci Sports Exerc*, 20(5 Suppl), 135-45. doi: 0195-9131/88/2005-S135

- Sand, O., Sjaastad, Ø. V., & Haug, E. (2001). *Menneskets fysiologi*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Schiaffino, S., & Reggiani, C. (1994). Myosin isoforms in mammalian skeletal muscle. *J Appl Physiol* (1985), 77(2), 493-501.
- Schiaffino, S., & Reggiani, C. (1996). Molecular diversity of myofibrillar proteins: gene regulation and functional significance. *Physiol Rev*, 76(2), 371-423.
- Schmidt, L., Cléry-Melin, M. L., Lafargue, G., Valabrègue, R., Fossati, P., Dubois, B., & Pessiglione, M. (2009). Get aroused and be stronger: emotional facilitation of physical effort in the human brain. *J Neurosci*, 29(30), 9450-7. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1951-09.2009
- Shield, A., & Zhou, S. (2004). Assessing voluntary muscle activation with the twitch interpolation technique. *Sports Med*, 34(4), 253-67. doi: 0112-1642/04/0004-0
- Short, K. R., Vittone, J. L., Bigelow, M. L., Proctor, D. N., & Nair, K. S. (2004). Age and aerobic exercise training effects on whole body and muscle protein metabolism. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 286(1), E92-101. doi: 10.1152/ajpendo.00366.2003
- Simoneau, J. A., & Bouchard, C. (1995). Genetic determinism of fiber type proportion in human skeletal muscle. *FASEB J*, 9(11), 1091-5.
- Singh, M. A., Ding, W., Manfredi, T. J., Solares, G. S., O'Neill, E. F., Clements, K. M.,... (1999). Insulin-like growth factor I in skeletal muscle after weight-lifting exercise in frail elders. *Am J Physiol*, 277(1 Pt 1), E135-43.
- Smilios, I., Piliandis, T., Karamouzis, M., Parlavantzas, A., & Tokmakidis, S. P. (2007). Hormonal responses after a strength endurance resistance exercise protocol in young and elderly males. *Int J Sports Med*, 28(5), 401-6. doi: 10.1055/s-2006-924366
- Smith, K., Winegard, Hicks, A. L., & McCartney, N. (2003). Two years of resistance training in older men and women: the effects of three years of detraining on the retention of dynamic strength. *Can J Appl Physiol*, 29(3), 462-74.
- Spiriduso, W. W. (1975). Reaction and movement time as a function of age and physical activity level. *J gerontol*, 30(4), 435-40.

- Staron, R. S. (1997). Human skeletal muscle fiber types: delineation, development, and distribution. *Can J Appl Physiol*, 22(4), 307-27.
- Staron, R. S., Karapondo, D. L., Kraemer, W. J., Fry, A. C., Gordon, S. E., Falkel, J. E., Hagerman, F. C., & Hikida, R. S. (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *J Appl Physiol* (1985), 76(3), 1247-55.
- Staron, R. S., Leonardi, M. J., Karapondo, D. L., Malicky, E. S., Falkel, J. E., Hagerman, F. C., & Hikida, R. S. (1991). Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining. *J Appl Physiol* (1985), 70(2), 631-40.
- Staudenmann, D., Roeleveld, K., Stegeman, D. F., & van Dieën, J. H. (2010). Methodological aspects of SEMG recordings for force estimation--a tutorial and review. *J Electromyogr Kinesiol*, 20(3), 375-87. doi: 10.1016/j.jelekin.2009.08.005
- Stefanyshyn, D. J., & Nigg, B. M. (1998). Dynamic Angular Stiffness of the Ankle Joint during Running and Sprinting. *J Appl Biomech*, 14(3), 292-299. doi: 10.1123/jab.14.3.292
- Støren, Ø., Helgerud, J., Støa, E. M., & Hoff, J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 40(6), 1087-92. doi: 10.1249/MSS.0b013e318168da2f
- Støren, Ø., Helgerud, J., Sæbø, M., Støa, E. M., Bratland-Sanda, S., Unhjem, R. J...Wang, E. (2017). The Effects of Age on the V'O₂max Response to High-Intensity Interval Training. *Med Sci Sports Exerc*, 49(1), 78-85. doi: 10.1249/MSS.0000000000001070
- Sunde, A., Støren, Ø., Bjerkaas, M., Larsen, M. H., Hoff, J., & Helgerud, J. (2010). Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *J Strength Cond Res*, 24(8), 2157-65. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181aeb16a
- Tikunov, B. A., Sweeney, H. L., & Rome, L. C. (2001). Quantitative electrophoretic analysis of myosin heavy chains in single muscle fibers. *J Appl Physiol* (1985), 90(5), 1927-35.
- Tipton, K. D. (2011). Efficacy and consequences of very-high-protein diets for athletes and exercisers. *Proc Nutr Soc*, 70(2), 205-14. doi: 10.1017/S0029665111000024.
- Trappe, S. (2009). Influence of aging and long-term unloading on the structure and function of human skeletal muscle. *Appl Physiol Nutr Metab*, 34(3), 459-64. doi: 10.1139/H09-041

- Unhjem, R., Flemmen, G., Hoff, J., & Wang, E. (2016b). Maximal strength training as a physical rehabilitation for patients with substance use disorder; a randomized controlled trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, 31;8:7. doi: 10.1186/s13102-016-0032-2
- Unhjem, R., Lundestad, R., Fimland, M. S., Mosti, M. P., & Wang, E. (2015). Strength training-induced responses in older adults: attenuation of descending neural drive with age. *Age (Dordr)*, 37(3), 9784. doi: 10.1007/s11357-015-9784-y
- Unhjem, R., Nygård, M., van den Hoven, L. T., Sidhu, S. K., Hoff, J., & Wang, E. (2016a). Lifelong strength training mitigates the age-related decline in efferent drive. *J Appl Physiol (1985)*, 121(2), 415-23. doi: 10.1152/jappphysiol.00117.2016
- Van Cutsem, M., Duchateau, J., & Hainaut, K. (1998). Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *J Physiol*, 513 (Pt 1), 295-305.
- Vandervoort, A. A. (2002). Aging of the human neuromuscular system. *Muscle Nerve*, 25(1), 17-25).
- Vandervoort, A. A., & McComas, A. J. (1986). Contractile changes in opposing muscles of the human ankle joint with aging. *J Appl Physiol (1985)*, 61(1), 361-7.
- Vermeulen, A. (1991). Clinical review 24: Androgens in the aging male. *J Clin Endocrinol Metab*, 73(2), 221-4. doi: 10.1210/jcem-73-2-221
- Wang, E., Helgerud, J., Loe, H., Indseth, K., Kaehler, N., & Hoff, J. (2010). Maximal strength training improves walking performance in peripheral arterial disease patients. *Scand J Med Sci Sports*, 20(5), 764-70. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01014.x
- Wang, E., Nyberg, S. K., Hoff, J., Zhao, J., Leivseth, G., Tørhaug, T.,...Richardson, R. S. (2017). Impact of maximal strength training on work efficiency and muscle fiber type in the elderly: Implications for physical function and fall prevention. *Exp Gerontol*, 91, 64-71. doi: 10.1016/j.exger.2017.02.071
- Weiss, L. W., Coney, H. D., & Clark, F. C., (1999). Differential functional adaptations to short-term Low-, moderate-, and high-Repetition weight training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(3), 236-241. doi: 10.1519/1533-4287

- Weiss, L. W., Coney, H. D., & Clark, F. C., (2000). Gross measures of exercise-induced muscular hypertrophy. *J Orpthon Sports Phys Ther*, 30(3), 143-8. doi: 10.2519/jospt.2000.30.3.143
- Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomeé, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Med*, 37(3), 225-64.
- Winegard, K. J., Hicks, A. L., & Vandervoort, A. A. (1997). An evaluation of the length-tension relationship in elderly human plantarflexor muscles. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52(6), B337-43.
- Winegard, K. J., Hicks, A. L., Sale, D. G., & Vandervoort, A. A. (1996). A 12-year follow-up study of ankle muscle function in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 51(3), B202-7.
- WMA Declaration of Helsinki. (2013). Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. Hentet fra <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/>
- Yang, N., MacArther, D. G., Gulbin, J. P., Hahn, A. G., Beggs, A. H., Easteal, S., & North, K. (2003). ACTN3 genotype is associated with human elite athletic performance. *Am J Hum Genet*, 73(3), 627-31. doi: 10.1086/377590
- Yang, R., Shen, X., Wang, Y., Voisin, S., Cai, G., Fu, Y.....Yan, X. (2016). ACTN3 R577X gene variant is associated with muscle-related phenotypes in elite Chinese sprint/power athletes. *J Strength Cond Res*. doi: 10.1519/JSC.0000000000001558
- Young, A., Stokes, M., & Crowe, M. (1984). Size and strength of the quadriceps muscles of old and young women. *Eur J Clin Invest*, 14(4), 282-7. doi: 10.1111/j.1365-2362.1984.tb01182.x
- Young, A., Stokes, M., & Crowe, M. (1985). The size and strength of the quadriceps muscles of old and young men. *Clin Physiol*, 5(2), 145-54.
- Yue, G. H., Ranganathan, V. K., Sieminow, V., Liu, J. Z., & Sahgal, V. (1999). Older adults exhibit a reduced ability to fully activate their biceps brachii muscle. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 54(5), M249-53.

Vedlegg 2.

Forespørsel om å deltakelse i forskningsprosjektet:

Effekt av maksimal styrketrening for voksne i ulike aldersgrupper

Bakgrunn og hensikt

Dette er en forespørsel til deg om å delta i et forskningsprosjekt for å se effekten av maksimal styrketrening for voksne i ulike aldersgrupper. Forskningsprosjektet vil bli gjennomført på idrettsfysiologisk testlaboratorium ved Høgskolen i Telemark, Bø.

Hva innebærer prosjektet?

Alle som melder seg frivillig til å delta i dette forskningsprosjektet må fylle ut egenerklæringskjema om helse og godkjennes av prosjektets medisinske ansvarlig før de blir inkludert i prosjektet. Dette vil skje før pretest. Deltakerne må også i løpet av siste uke før både pre-test og post-test innom lab på nærmeste sykehus eller legesenter for å ta blodprøver til genanalyse. Disse prøvene vil også bli brukt i prosjektet «Gener, miljø og/eller deltagelse i organisert idrett – faktorer som forklarer fysisk aktivitet»

Ved pre- og posttest møter deltakerne på idrettsfysiologisk testlaboratorium ved Høgskolen i Telemark, Bø. Her gjøres først antropometriske målinger (høyde, vekt, midjemål, hoftemål og fettprosent med kaliper). Så går vi over til de fysiske testene. Disse testene gjennomføres på følgende måte:

1. Oppvarming: 10 minutter på tredemølle, sykkel eller romaskin (estimert 50-70 % av Hfmax).
2. Testing av vertikal spenst:
 - a. Gjennomfører tre squat jump, hopp uten svikt fra 90 grader i kneleddet med hoftefeste. 3-5 minutter hvile mellom squat jump og counter movement jump.
 - b. Gjennomfører tre counter movement jump, hopp med svikt og hoftefeste.
3. Testing av maksimal styrke og effekt:
 - a. Gjennomfører en serie med 10 repetisjoner med belastning på antatt 50 % av 1 repetisjon maksimum (1 RM). 3-5 minutters hvile til neste serie.
 - b. Øker belastningen til antatt 60 % av 1 RM og gjennomfører 5 repetisjoner. 3-5 minutters hvile til neste serie.
 - c. Øker belastningen til antatt 70 % av 1 RM og gjennomfører 3 repetisjoner. 3-5 minutters hvile til neste serie.
 - d. Øker belastningen til antatt 80 % av 1 RM og gjennomfører 1 repetisjon. 3-5 minutters hvile til neste serie.

- e. Etter dette økes belastningen med 2,5-5 kg per løft, 5 min hvile mellom hvert løft inntil 1RM er nådd.

Treningen vil være maksimal styrketrening og vil foregå 3 dager i uka i 8 uker. Program og veiledning vil bli gitt ved pretest og underveis i prosjektperioden.

Mulige fordeler og ulemper

Fordelene med å delta i dette prosjektet er blant annet at personen vil høyst sannsynlig bli sterkere og øke sin evne til raskere å oppnå maksimal kraftutvikling og balanse. Økt kunnskap om trening og virkning på kroppen. Alle deltakerne vil få kyndig veiledning under trening og testing.

Ulemper er at deltakerne må sette av tid til treningsintervensjonen og det kan oppleves som fysisk slitsomt.

Hva skjer med prøvene og informasjonen om deg?

Alle opplysningene og prøvene vil bli anonymisert og kan ikke spores tilbake til deltakerne. En kode knytter deg til dine opplysninger og prøver gjennom en navneliste. Det er kun noen få av de som har ansvar for prosjektet som har tilgang til navnelisten og som kan finne tilbake til deg. Disse dataene vil bli låst inn i egnet skap og destruert etter en viss tid.

Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta i prosjektet. Deltakerne kan når som helst og uten å oppgi grunn trekke seg fra prosjektet. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen.

Ved spørsmål vedrørende prosjektet kan du kontakte prosjektleder Hans Torvild Kittilsen på 97105280 og e-post: hans.t.kittilsen@hit.no

Samtykke til deltakelse i prosjektet

Jeg er villig til å delta i studien

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

(Signert, rolle i studien, dato)

Vedlegg 3.



Høgskolen i Telemark Avdeling for allmennvitenskapelige fag

Effekt av maksimal styrketrening for voksne i ulike aldersgrupper

Treningsprotokoll: maksimal styrketrening

Alle deltakerne gjennomfører 4 x 4 RM i beinpress (beinpress) tre ganger i uken i åtte uker. Det vil være treningsveileder tilstede under 50 % av treningsøktene og ellers ved behov.

Trening:

Maksimal styrketrening: Tre økter i uken i 8 uker, med krav om 70% deltakelse.

1. Oppvarming på ca 50-70% av Hfmax i 10 minutter.
2. Beinpress med belastning tilsvarende 50 % av 1 RM, gjennomfører 10 repetisjoner. 35 minutters hvile til neste serie.
3. Beinpress med belastning tilsvarende 75 % av 1 RM, gjennomfører 3 repetisjoner. 3-5 minutters hvile til neste serie.
4. 4 serier x 4 RM, mellom hver av seriene 3-5 minutters hvile.

Kontrollgruppe:

Det vil ikke bli benyttet en egen kontrollgruppe, men deltakerne vil i praksis utgjøre seks grupper basert på alder (20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69 og 70+ år).

Testprotokoll:

De fysiske testene gjennomføres på en dag (både pre og postintervensjon). Pretesten gjennomføres etter en til tre tilvenningsøkter som skal sikre tilfredsstillende teknikk under utførelse av øvelsene. Posttest gjennomføres etter minimum en hviledag etter siste treningsøkt.

Disse prosedyrene er brukt i tidligere publiserte studier ved Høgskolen i Telemark (Støren et al., 2008; Sunde et al., 2010, Støren et al., 2011, Støren et al., 2013). Deltakerne testes av ansatte ved laboratoriet. Alle ansatte har gjennomgått og bestått HLR – kurs samt bruk av

halv-automatisk hjertestarter. Det finnes hjertestarter tilgjengelig ved laboratoriet. Alle ansatte har idrettsutdanning med idrettsfysiologi og har lang erfaring med arbeid på testlab.

Selve testing gjennomføres slik:

1. Deltakerne møter på idrettsfysiologisk testlaboratorium ved Høgskolen i Telemark, Bø. Her gjøres først antropometriske målinger (høyde, vekt, midjemål, hoftemål og fettprosent med kaliper).

2. Oppvarming: 10 minutter på tredemølle, sykkel eller romaskin (estimert 50-70 % av maksimal hjerterefrekvens).

3. Testing av vertikal spenst:

- Gjennomfører tre squat jump, hopp uten svikt fra 90 grader i kneleddet med hoftefeste. 3-5 minutter hvile mellom squat jump og counter movement jump.
- Gjennomfører tre counter movement jump, hopp med svikt og hoftefeste.

4. Testing av maksimal styrke og effekt:

- Gjennomfører en serie med 10 repetisjoner med belastning på antatt 50 % av 1 repetisjon maksimum (1 RM). 3-5 minutters hvile til neste serie.
- Øker belastningen til antatt 60 % av 1 RM og gjennomfører 5 repetisjoner. 3-5 minutters hvile til neste serie.
- Øker belastningen til antatt 70 % av 1 RM og gjennomfører 3 repetisjoner. 3-5 minutters hvile til neste serie.
- Øker belastningen til antatt 80 % av 1 RM og gjennomfører 1 repetisjon. 3-5 minutters hvile til neste serie.
- Etter dette økes belastningen med 2,5-5 kg per løft, 5 min hvile mellom hvert løft inntil 1RM er nådd.

Deltakerne må også i løpet av siste uke før både pre-test og post-test innom lab på nærmeste sykehus eller legesenter for å ta følgende blodprøver til genanalyser. Dessuten må deltakerne fylle ut egenerklæringskjema om helse og godkjennes av prosjektets medisinske ansvarlig før pretest.

For at testen skal bli mest mulig vellykket og så sikker som mulig, er forberedelsene viktige.

Deltakerne bør:

- Føle seg friske og skadefrie
- Ikke ha fått påvist sykdom eller skade som kan utgjøre en helserisiko ved større fysisk belastning
- Ikke hatt sykdom med feber eller luftveisinfeksjon siste tre døgn (helst siste uke)
- Ikke trene hardt de siste 24t
- Ikke drikke alkohol siste 24t
- Ikke innta tobakk eller koffein siste 4t
- Ikke spise siste 2t
- Ikke drikke annet enn vann siste 2t
- Føle seg mest mulig utvilt til testen
- Ellers leve mest mulig som normalt før testen

Blodprøver:

Blodprøvene tas rett før og rett etter treningsperiode ved hjelp av standard blodprøveprosedyre ved et laboratorium tilknyttet deltakerens nærmeste legesenter. Rekvisisjon blir gitt av prosjektets lege, Bård I. Freberg.

Antropometriske målinger:

BMI blir beregnet ut fra kroppsvekt (kg) delt på høyde opphøyd i andre (m²). Midjemål og hoftemål måles ved hjelp av målebånd. Fettprosent måles ved hjelp av 5 hudfoldsmålinger (triceps, chest, abdomen, suprailiac, thigh),

Apparatur:

Idrettsfysiologisk laboratorium ved Høgskolen i Sør-Øst Norge, avdeling Bø benytter følgende apparatur i studiet; Beinpress, OPS161 Interchangeable leg press, Vertex, USA Musclelab DSU, Ergotest Innovation AS, 3937 Porsgrunn, Norway Vekt: Tefal sensitive computer PP 6010, France. Fettprosent: Saehan Medical Skinfold Caliper, SH5020, Korea.

Eksklusjonskriterier for deltakelse:

Inklusjonskriterier: For å kunne delta må du:

- Være frisk og over 20 år.
- Fylle ut og undertegne et egenerklæringsskjema for helse
- Godkjent av prosjektets medisinske ansvarlig

Eksklusjonskriterier:

Du kan ikke delta dersom du:

- Viser kontraindikasjoner for hard fysisk aktivitet (dvs at dette er helsemessig ugunstig for deg).
- Har vært syk i mer enn 2 uker sammenhengende den siste måneden før teststart
- Har vært syk den siste uken før teststart.

Som deltaker blir du tatt ut av studiet hvis:

- Du gjennomfører mindre en 70% av treningsøktene
- Blir syk i mer enn en uke sammenhengende under treningsperioden

Eksklusjon vedrørende deltakelse i prosjektet baserer seg på en helhetsvurdering foretatt av prosjektets lege Bård I. Freberg. Helhetsvurderingen baserer seg i sin tur på opplysninger og prøveresultater innhentet på følgende måte:

1. Opplysninger gitt av forsøkspersonen gjennom samtale med lege og avkrysning på egenerklæringsskjema for helse ved idrettsfysiologisk testlaboratorium, Høgskolen i Telemark (skjema vedlagt). Egenerklæringsskjemaet er utviklet i samarbeid med Kåre Ulevåg, lege og spesialist i fysikalsk medisin og idrettsmedisin ved Tvedestrand idrettsmedisin.

2. Opplysninger innhentet fra forsøkspersonens fastlege (etter forsøkspersonens samtykke), og som inneholder informasjon om:

- Vekt, høyde, BMI
- Blodtrykk
- Kronisk alvorlig sykdom i familien
- Opplysninger om sosiale og yrkesmessige forhold
- Opplysninger om kronisk sykdom og behandling av denne
- Aktuell medikasjon

Vedlegg 4.



Region: REK sør-øst	Saksbehandler: Anette Solli Karlsen	Telefon: 22845522	Vår dato: 10.09.2015	Vår referanse: 2015/1360/REK sør-øst A
			Deres dato: 16.06.2015	Deres referanse:

Vår referanse må oppgis ved alle henvendelser

Hans Torvild Kittilsen
Høgskolen i Telemark

2015/1360 Effekt av maksimal styrketrening for voksne i ulike aldersgrupper

Vi viser til søknad om forhåndsgodkjenning av ovennevnte forskningsprosjekt. Søknaden ble behandlet av Regional komité for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK sør-øst) i møtet 27.08.2015. Vurderingen er gjort med hjemmel i helseforskningsloven § 10, jf. forskningsetikkloven § 4.

Forskningsansvarlig: Høgskolen i Telemark
Prosjektleder: Hans Torvild Kittilsen

Prosjektbeskrivelse (revidert av REK)

Formålet med dette prosjektet er å undersøke om effekten av maksimal styrketrening er ulik i ulike aldersgrupper av voksne, samt betydningen av gener for tilpasning til styrketrening.

Det er tidligere observert at maksimal styrketrening medfører en bedre treningseffekt målt ved maksimal styrke, kraftutvikling, vertikal spenst, hurtighet og arbeidsøkonomi, sammenlignet med annen styrketrening. I tillegg indikerer tidligere studier at arvelige faktorer kan forklare 40 % av tilpasning til styrketrening.

Det planlegges å inkludere 90 friske voksne i aldersgruppen 20-80 år, rekruttert gjennom annonsering og ved åpen invitasjon. Deltakere skal være likt fordelt på alder, med 15 deltakere i hver alderskategori 20-29 år, 30-39 år etc. Deltakere skal gjennomføre en åtte ukers styrketreningsintervensjon, med maksimal styrketrening i øvelsen beinpress tre ganger i uken. Før og etter intervensjonen skal det gjennomføres tester av treningseffekt (maksimal styrke, kraftutvikling og vertikal spenst).

Det skal ved oppstart tas blodprøver for undersøkelser av kjente gener av betydning for treningseffekt. Blodprøver skal ikke oppbevares eller benyttes til andre formål enn de genetiske undersøkelser som er angitt.

Opplysninger om vekt, høyde, BMI, blodtrykk, kronisk alvorlig sykdom i familien, sosiale og yrkesmessige forhold, kronisk sykdom og behandling av denne samt aktuell medikasjon er planlagt innhentet fra deltakerens fastlege etter samtykke.

Vurdering

Formålet med prosjektet, slik det fremkommer av søknad og protokoll, er å undersøke effekten av maksimal styrketrening i ulike aldersgrupper, og en evt betydning av genetiske faktorer for treningseffekt.

Besøksadresse:
Gulhaugveien 1-3, 0484 Oslo

Telefon: 22845511
E-post: post@helseforskning.etikkom.no
Web: <http://helseforskning.etikkom.no/>

All post og e-post som inngår i saksbehandlingen, bes adressert til REK sør-øst og ikke til enkelte personer

Kindly address all mail and e-mails to the Regional Ethics Committee, REK sør-øst, not to individual staff

Etter REKs vurdering faller prosjektet det søkes om utenfor virkeområdet til helseforskningsloven. Helseforskningsloven gjelder for medisinsk og helsefaglig forskning på norsk territorium eller når forskningen skjer i regi av en forskningsansvarlig som er etablert i Norge.

Medisinsk og helsefaglig forskning er forskning på mennesker, humant biologisk materiale og helseopplysninger, som har som formål å frambringe ny kunnskap om helse og sykdom, jf. helseforskningsloven §§ 2 og 4a. Formålet er avgjørende, ikke om forskningen utføres av helsepersonell eller på pasienter eller benytter helseopplysninger.

Prosjektet har etter REKs vurdering ikke som formål å skaffe til veie ny kunnskap om helse og sykdom.

Prosjekter som faller utenfor helseforskningslovens virkeområde kan gjennomføres uten godkjenning av REK. Det er institusjonens ansvar på å sørge for at prosjektet gjennomføres på en forsvarlig måte med hensyn til for eksempel regler for taushetsplikt og personvern.

Imidlertid mener komiteen at prosjektleder bør kontakte Helsedirektoratet for en avklaring av hvorvidt Bioteknologiloven kan komme til anvendelse, med bakgrunn i at det skal gjennomføres genetiske undersøkelser i prosjektet.

Vedtak

Prosjektet faller utenfor helseforskningslovens virkeområde, jf. § 2, og kan derfor gjennomføres uten godkjenning av REK. Det er institusjonens ansvar å sørge for at prosjektet gjennomføres på en forsvarlig måte med hensyn til for eksempel regler for taushetsplikt og personvern.

Komiteens vedtak kan påklages til Den nasjonale forskningsetiske komité for medisin og helsefag, jf. helseforskningsloven § 10, 3 ledd og forvaltningsloven § 28. En eventuell klage sendes til REK Sørøst A. Klagefristen er tre uker fra mottak av dette brevet, jf. forvaltningsloven § 29.

Med vennlig hilsen

Knut Engedal
Professor dr. med.
Leder

Anette Solli Karlsen
Komitesekretær

Kopi til: postmottak@hit.no

Vedlegg 5.

HØGSKOLEN I TELEMARK
v/Mona Sæbø
Postboks 203
3901 PORSGRUNN

Deres ref.:
Vår ref.: 15/8462-2
Saksbehandler: Ola Johnsborg
Dato: 05.10.2015

Vedr. vurdering av forskningsprosjektet "Effekt av maksimal styrketrening for voksne i ulike aldersgrupper"

Helsedirektoratet er i e-post av 18. september 2015 bedt om å vurdere forskningsprosjektet "Effekt av maksimal styrketrening for voksne i ulike aldersgrupper". Høgskolen i Telemark er ansvarlig for prosjektet.

Bakgrunnen for henvendelsen er at det i studien planlegges å utføre genetiske undersøkelser av deltakerne for å bestemme genetisk variasjon i enkelte gener som har betydning for treningseffekt. Helsedirektoratet er bedt om å vurdere forskningsprosjektet opp mot bioteknologilovens bestemmelser.

Prosjektet har blitt vurdert av regionale komite for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK sør-øst A). Etter REKs vurdering faller prosjektet det søkes om utenfor virkeområdet til helseforskningsloven, da prosjektet etter REKs vurdering ikke har som formål å skaffe til veie ny kunnskap om helse og sykdom (jf. vedtak med referanse 2015/ 1360/REK sør-øst A).

Helsedirektoratets rolle

Helsedirektoratet har ansvar for å forvalte og fortolke bioteknologiloven, og kan gi veiledende vurdering om hvorvidt loven kommer til anvendelse for det konkrete forskningsprosjektet. Direktoratet kan også gi råd om hvordan et forskningsprosjekt bør innrettes for å være i tråd med bioteknologiloven.

Hvis prosjektet faller innenfor lovens virkeområde og virksomheten som skal gjennomføre prosjektet trenger godkjenning for å rekvirere presymptomatiske, prediktive mv. genetiske undersøkelser, kan Helsedirektoratet vurdere godkjenning etter bioteknologiloven § 7-1, jf. § 5-3.

Kort om prosjektet

Formålet med prosjektet er å undersøke om effekten av maksimal styrketrening er ulik i ulike aldersgrupper av voksne, samt betydningen av gener for tilpasning til styrketrening. Det planlegges å inkludere 90 friske voksne i aldersgruppen 20-80 år, rekruttert gjennom annonsering og ved åpen invitasjon. Deltakere skal være likt fordelt på alder, med 15

Helsedirektoratet - Divisjon spesialisthelsetjenester

Avdeling bioteknologi og helserett

Ola Johnsborg, tlf.: 24163752

Postboks 7000 St. Olavs plass, 0130 Oslo • Besøksadresse: Universitetsgata 2, Oslo • Tlf.: 810 20 050

Faks: 24 16 30 01 • Org.nr.: 983 544 622 • postmottak@helsedir.no • www.helsedirektoratet.no

deltakere i hver alderskategori 20-29 år, 30-39 år etc. Deltakerne skal gjennomføre en åtte ukers styrketreningsintervensjon, med maksimal styrketrening i øvelsen beinpress tre ganger i uken. Før og etter intervensjonen skal det gjennomføres tester av treningseffekt (maksimal styrke, kraftutvikling og vertikal spenst). Det skal ved oppstart tas blodprøver for undersøkelser av gener som har betydning for treningseffekt. De genetiske studiene vil inkludere variantanalyse av ACTN3, ACE, og AGT. Det er ikke planlagt å gi deltakerne tilbakemelding om resultatene av de genetiske undersøkelsene. Blodprøver skal ikke oppbevares eller benyttes til andre formål enn de genetiske undersøkelsene som er angitt. Opplysninger om vekt, høyde, BMI, blodtrykk, kronisk alvorlig sykdom i familien, sosiale og yrkesmessige forhold, kronisk sykdom og behandling av denne samt aktuell medikasjon er planlagt innhentet fra deltakerens fastlege etter samtykke.

Gjeldende rett

Når er forskningsprosjekter med genetiske undersøkelser omfattet av bioteknologiloven?

Bioteknologiloven gjelder humanmedisinsk bruk av bioteknologi m.m., herunder også genetiske undersøkelser, jf. § 1-2 om lovens virkeområde. Bioteknologiloven kan komme til anvendelse når det forskes innenfor fagområdene som reguleres av loven og;

- forskningen har eller kan ha diagnostiske eller behandlingsmessige konsekvenser for deltakerne eller
- den enkelte deltaker får tilbakemelding om sine egne resultater.

Bioteknologiloven § 5-1 første ledd definerer genetiske undersøkelser som *"alle typer analyser av menneskets arvestoff, både på nukleinsyre- og kromosomnivå, av genprodukter og deres funksjon, eller organundersøkelser, som har til hensikt å gi informasjon om menneskets arveegenskaper"*.

Med genetiske undersøkelser av fødte menes i loven, jf. § 5-1 annet ledd:

- a) Genetiske undersøkelser for å stille sykdomsdiagnose.
- b) Genetiske presymptomatiske undersøkelser, genetiske prediktive undersøkelser for å påvise eller utelukke bærertilstand for arvelige sykdommer som først viser seg i senere generasjoner.
- c) genetiske laboratorieundersøkelser for å bestemme kjønnsstilhørighet

I forbindelse med genetiske undersøkelser kan diagnostiske eller behandlingsmessige konsekvenser for eksempel være informasjon om (mulig risiko for) arvelig sykdom. Prosjekter som gir slik informasjon kan være omfattet av bioteknologiloven selv om det ikke er planlagt å føre opplysningene tilbake til deltakerne. Gjeldende rett kan oppsummeres slik:

- Ved genetisk forskning må det gjøres en forhåndsvurdering av om forskningen som planlegges vil kunne få diagnostiske eller behandlingsmessige konsekvenser for den enkelte dersom den gjennomføres.

- Dersom det er grunn til å tro at det i løpet av forskningsperioden kan genereres kunnskap som kan være av diagnostisk eller behandlingsmessig betydning for den enkelte, gjelder bioteknologiloven for forskningsprosjektet. Relevante bestemmelser for slike forskningsprosjekter er blant annet bioteknologiloven §§ 5-3, 5-4, 5-5, 7-1 og 7-2.
- Dersom forskeren vurderer det slik at forskningsprosjektet ikke kan få diagnostiske eller behandlingsmessige konsekvenser for den enkelte, faller prosjektet utenfor loven, med mindre forskeren likevel planlegger å føre opplysningene tilbake til forsøkspersonen.
- Dersom opplysningene faktisk føres tilbake til den enkelte, har han eller hun rett til genetisk veiledning etter bioteknologiloven § 5-5.

Kulepunkt 2 og 4 må ses i sammenheng. Dersom det er grunn til å tro at forskningen vil gi kunnskap som kan ha diagnostisk eller behandlingsmessige konsekvenser for deltakeren, vil forskningsprosjektet som regel være organisert slik at deltakerne kan få tilbakemelding om resultatene.

Veiledning vedrørende forskningsprosjektet "Effekt av maksimal styrketrening for voksne i ulike aldersgrupper".

Formålet med prosjektet er å undersøke effekten av maksimal styrketrening i ulike aldersgrupper, og en eventuell betydning av genetiske faktorer for treningseffekt. Prosjektet faller dermed i utgangspunktet utenfor bioteknologilovens virkeområde, siden formålet med prosjektet ikke er medisinsk forskning.

Imidlertid er det nødvendig å ta i betraktning hvorvidt de genetiske undersøkelsene som skal utføres likevel kan ha medisinsk betydning. I prosjektbeskrivelsen skisseres det variantanalyse av genene ACTN3, ACE, og AGT. Hvis enkelte varianter i et eller flere av disse genene også er assosiert med sykdomsutvikling, vil analysene ha medisinsk relevans. Prosjektet vil dermed falle innenfor bioteknologilovens virkeområde, jf. § 1-2. I slikt tilfelle må de genetiske undersøkelsene som skal utføres i prosjektet betraktes som prediktive (for utvikling av fremtidig sykdom), jf. loven § 5-1 bokstav b. Hvis man konkluderer med at resultatene fra de genetiske undersøkelsene kan ha diagnostiske eller behandlingsmessige konsekvenser for deltakerne, vil bioteknologiloven gjelde for prosjektet.

Prosjekteier må selv vurdere prosjektet og de genetiske undersøkelsene som skal utføres opp mot disse momentene.

Vennlig hilsen

Kristin Cordt-Hansen e.f.
avdelingsdirektør



Ola Johnsborg
Seniorrådgiver

Vedlegg 6. Skjema for å registrere annen type trening.

Dato		Dato	
Aktivitet		Aktivitet	
Varighet		Varighet	
Intensitet		Intensitet	
Kommentar		Kommentar	
Dato		Dato	
Aktivitet		Aktivitet	
Varighet		Varighet	
Intensitet		Intensitet	
Kommentar		Kommentar	
Dato		Dato	
Aktivitet		Aktivitet	
Varighet		Varighet	
Intensitet		Intensitet	
Kommentar		Kommentar	
Dato		Dato	
Aktivitet		Aktivitet	
Varighet		Varighet	
Intensitet		Intensitet	
Kommentar		Kommentar	

Vedlegg 7. Skjema fra trening.

REGISTRERING AV belastning og repetisjoner

UKE:

ID:

DATO, klokkeslett og treningsted	Belastning på de ulike seriene	Antall repetisjoner på ulike seriene

EGNE KOMMENTARER:

--