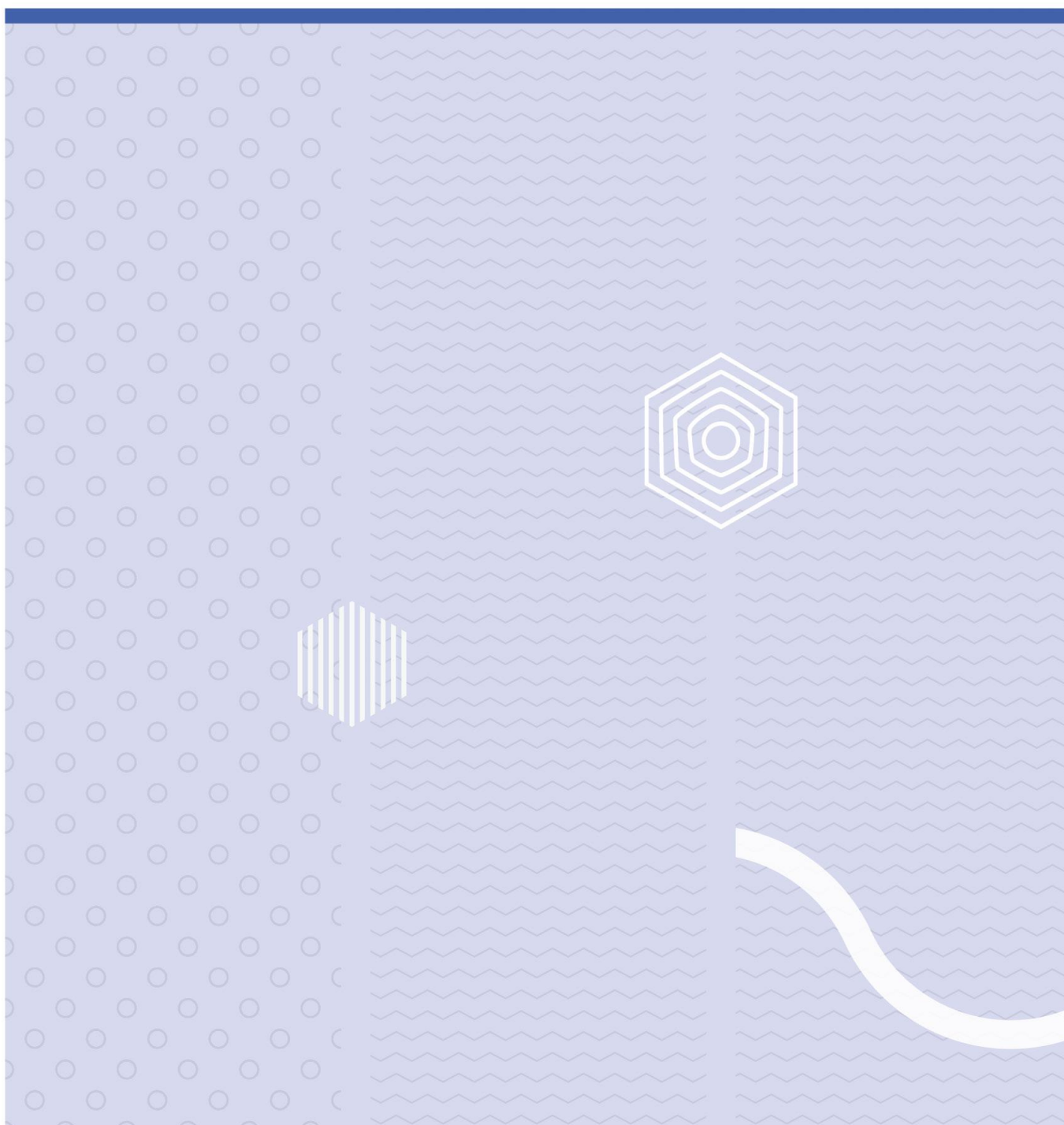


# Trening med 1-6RM, 6-15RM og $\geq 15$ RM vil føre til større relativ økning i knebøy enn i benkpress i 1RM og MAR

60 studiepoeng



## **Forkortelser**

1RM – 1 repetisjon maksimum

MAR – maksimalt antall repetisjoner med en belastning på 40-70% av 1RM

MS – maksimal styrketrening

TS – tradisjonell styrketrening

MU – trening med mål om muskulær utholdenhet

MSG – grupper som utførte treningsperiode med maksimal styrke

TSG – grupper som utførte treningsperiode med tradisjonell styrke

MUG – grupper som utførte treningsperiode med mål om muskulær utholdenhet

VO<sub>2max</sub> – maksimalt oksygenopptak

## Sammendrag

**Formål:** Målet med denne oppgaven var å undersøke ulikhetene i relativ økning i over- og underekstremiteter ved ulike typer styrketrening.

**Metode:** Studien er en narrativ litteraturstudie basert på tidligere eksperimentell forskning. Det er delt opp i tre ulike former for styrketrening: maksimal styrketrening (MR), tradisjonell styrketrening (TS) og trening med mål om muskulær utholdenhet (MU). Deltakerne i de inkluderte studiene var mellom 18 og 35 år med ulik treningsbakgrunn.

**Resultat:** Alle de tre treningsformene hadde en større relativ økning i knebøy enn i benkpress. MS førte til en større økning i 1RM enn ved TS og MU. MU førte til større økning i maksimalt antall repetisjoner med en gitt belastning (MAR) enn TS. «Utrente» personer hadde en større relativ økning enn «trente» og «godt trente» i 1RM og MAR.

**Konklusjon:** Uavhengig av treningsbakgrunn vil man oppnå en stor økning i 1RM og MAR etter en periode med både MS, TS og MU. Resultatene viser en større relativ økning i knebøy enn i benkpress både i 1RM og MAR. Graden av relativ økning er i stor grad bestemt av en sammenheng mellom formålet med treningen og treningsbakgrunn. «Utrente» vil ha størst treningsutbytte av MS, TS og MU.

## Innhold

Sammendrag .....	3
Forord.....	5
1.0 Innledning.....	6
2.0 Teori.....	8
2.1 Muskulære faktorer som bestemmer evnen til kraftutvikling .....	8
2.2 Nevrale faktorer som bestemmer evne til kraftutvikling .....	12
2.3 Trening med mål om å øke maksimal styrke (1-6RM).....	15
2.4 Tradisjonell styrketrening (6-15RM).....	16
2.5 Trening med mål om å øke muskulær utholdenhet ( $\geq 15RM$ ).....	16
3.0 Metode .....	18
3.1 Forskningsdesign .....	18
3.2 Validitet og reliabilitet.....	18
3.3 Inklusjons- og eksklusjonskriterier .....	18
3.4 Begrunnelse for valg av styrkeøvelser.....	19
3.5 Søkeprosessen.....	20
4.0 Resultat.....	23
4.1 Endring i 1RM og MAR etter MS .....	25
4.2 Endring i 1RM og MAR etter TS .....	25
4.3 Endring i 1RM og MAR etter MU.....	26
5.0 Diskusjon .....	28
5.1 Hovedfunn .....	28
5.2 Faktorer som påvirker 1RM etter MS.....	28
5.3 Faktorer som påvirker 1RM etter TS .....	31
5.4 Faktorer som påvirker i 1RM etter MU .....	32
5.5 Faktorer som påvirker i MAR etter MS, TS og MU .....	33
5.6 Knebøy vs. benkpress .....	35
5.6 Menn vs. kvinner .....	37
5.7 Diskusjon av metode .....	38
6.0 Konklusjon .....	40
7.0 Kildehenvisning.....	41
Vedlegg.....	61

## Forord

Planen var å gjøre en kartleggingsstudie ved å teste personer i maksimal styrke, eksplosiv styrke og muskulær utholdenhet, for å se hvordan utrente og trente kvinner og menn presterer ved ulike treningsmetoder. I desember 2021 kom kontrabeskjeden om at det ikke lenger var mulig å teste på treningssenteret på grunn av den stigende smitten av coronaviruset. Valget landet på litteraturstudie da coronapandemien satte en stopper for det planlagte prosjektet. Det ble besluttet sammen med veileder, om at dette var det smarteste å gjøre i stedet for å vente til samfunnet eventuelt åpnet igjen. I en litteraturstudie er det ikke behov for å komme i kontakt med verken deltakere eller offentlige lokaler for å utføre tester. Jeg så derfor på dette som den beste løsningen, da nedstengningen kunne vare i ubestemt tid.

Dette har vært en utrolig lærerik prosess som har bydd på utfordringer og uvante problemstillinger. Selv om prosjektet ikke ble som planlagt har det vært givende å gå i dybden på et interessant tema og opparbeide seg en større forståelse av sammenhengene i styrketrening og fysiologi.

Jeg vil rette en takk til min veileder, Arnstein Sunde, for god hjelp og veiledning fra start til slutt. I tillegg vil jeg takke alle forelesere ved USN gjennom disse fem årene for kunnskapsrike og givende forelesninger og gode diskusjoner. En takk rettes til de som meldte seg frivillig til å være testpersoner for det planlagte prosjektet, selv om det ikke ble noe av.

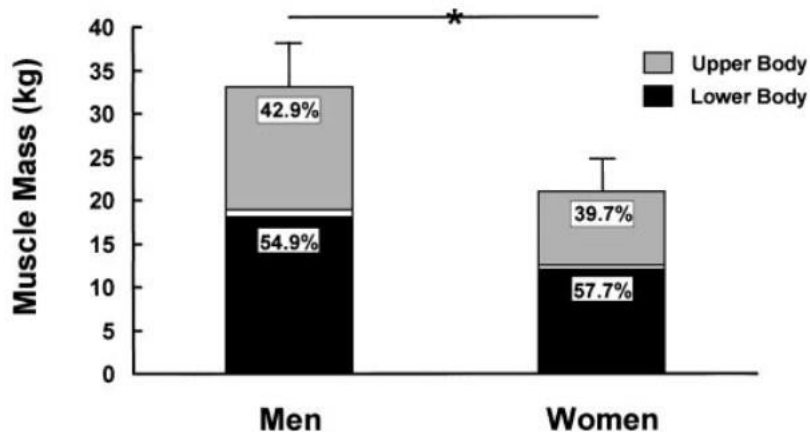
Til slutt vil jeg takke familie, venner og medstudenter som har støttet og hjulpet meg gjennom studietiden ved USN, og har sørget for at den har blitt så bra som overhodet mulig.

## 1.0 Innledning

For rundt 70 år siden ble styrketrening sett på som ineffektivt og skadelig for utøvere i en rekke idretter (Kraemer & Häkkinen, 2000). Ved stadig ny kunnskap om kroppen er disse teoriene lagt døde, da riktig type styrketrening kan forbedre prestasjonene i utallige olympiske idretter. Styrketrening rettet mot hvert enkelt individ vil optimalisere utøverens fysiske egenskaper og motvirke skader. For å gjøre dette mulig er kunnskap essensielt, i tillegg til periodisert trening der det tas utgangspunkt i hvor man er og hvor man ønsker å være (Kraemer & Häkkinen, 2000). Styrketrening kan bidra til økt prestasjon i idrett som resultat av for eksempel vektøkning i form av muskelhypertrofi, økning i muskelstyrke, power og hurtighet, forbedring av muskulær utholdenhet, skadeforebygging og rehabilitering (Keogh, Wilson & Weatherby, 1999). I tillegg har det de siste 20 årene blitt godt dokumentert at styrketrening har gunstige effekter for eldres funksjonalitet (Raastad et al., 2010).

Vi kommer hver dag opp i situasjoner som krever en viss form for styrke i overkropp og/eller underkropp. Dette kan være alt fra å reise seg opp fra sengen til å bære en 50 liters sekk med jord for å fylle blomsterbedet. For å kunne fortsette med slike daglige gjøremål og opprettholde den fysiske funksjonen, anbefaler Helse Norge at voksne gjør øvelser som gir økt muskelstyrke i de store muskelgruppene minst 35 minutter to ganger i uken (Helse Norge, 2022). Muskelmasse og styrke i underkroppen påvirkes av aldring i seg selv, men også som en følge av mindre fysisk aktivitet, som gåing og løping (Lynch et al., 1999; Frontera et al., 1991; Janssen, et al. 2000).

Ser man på fordelingen av muskelmasse i overkropp og underkropp for menn og kvinner, er det tydelig at det er en større prosentandel i underkroppen enn i overkroppen, spesielt hos kvinner (Figur 1).



Figur 1: Fordeling av muskelmasse i overkropp og underkropp hos menn og kvinner (Janssen et al., 2000, s. 83).

Det er godt dokumentert at friske mennesker, uavhengig av treningsbakgrunn, vanligvis er sterkere i underkropp enn overkropp, og dermed løfter mer i knebøy enn i benkpress (Baker et al., 1994; Stone & Coulter, 1994; Dorrell et al., 2020). Denne studien ser på effekten av ulike belastninger i over- og underekstremiteten, gjennom å sammenlikne benkpress og knebøy. Dette gjøres ved å se på eventuelle ulikheter i treningsrespons etter en periode med styrketrening som har til hensikt å hovedsakelig:

1. øke evnen til maksimal kraft (MS) - 1-6RM
2. øke muskelstørrelse og maksimal kraft (TS) – 6-15RM
3. øke muskulær utholdenhet (MU) –  $\geq 15$ RM

Det er tatt utgangspunkt i benkpress og knebøy, da dette er de mest benyttede styrkeøvelsene for å måle styrke i over- og underekstremiteter (Saeterbakken et al., 2020; Swinton et al., 2012).

## Formål

Målet med denne oppgaven er å se på hvordan muskulaturen i overkroppen og underkroppen påvirkes av ulik belastning og stress ved styrketrening, og om ulike treningsmetoder gir ulik treningsrespons.

## Problemstilling

Hvordan påvirkes 1RM og MAR i knebøy og benkpress etter MS, TS og MU?

Hva skyldes eventuelle ulikheter i treningsrespons mellom over- og underekstremiteter?

## 2.0 Teori

Styrketrening blir brukt som en metode for å øke muskelmasse, evne til kraftutvikling og kan gi ulike fysiske helseeffekter (Ibanez et al., 2005; Folland & Williams, 2007; Westcott, 2012; Vikberg et al., 2018). I tillegg har styrketrening vist en god effekt på den psykiske helsen (Gordon et al., 2017). Når det kommer til styrketreningens rolle i toppidrett, er det mange krav som stilles for å oppnå best mulig resultat. Flere eksplosive friidrettsøvelser som sprint, hopp og kast krever en stor maksimal styrke i knebøy for å kunne prestere på toppnivå. Eksempelvis bør sprintere kunne løfte minst 200 kg. eller 2,4 ganger sin egen kroppsvekt for å kunne hevde seg på internasjonalt nivå (Enoksen & Tønnessen, 2007). Grunnleggende for de fleste styrketreningsmetoder er å opprettholde og øke skjelettmuskulaturens muskelmasse og muskelstyrke (Protas & Tissier, 2009; Barjaste & Mirzaei, 2017). MS utøves med hensikt om å øke den maksimale styrken. Maksimal styrke er evnen til å produsere størst mulig kraft mot en ytre belastning (Williams et al., 2017). TS er den mest benyttede styrketreningsmetoden. Den har til hensikt å blant annet øke muskelstørrelse og muskelstyrke (Schoenfeld et al., 2015; Dorrell et al., 2020). Målet med MU er å forbedre evnen til å utføre repeterte bevegelser over tid ved en gitt belastning (Raastad et al., 2010). Videre i denne delen skal det ses nærmere på MS, TS og MU, hvor fokuset vil være muskulære og nevralt faktorer ved disse tre ulike formene for styrketrening.

### 2.1 Muskulære faktorer som bestemmer evnen til kraftutvikling

Muskelens tverrsnittsareal er en viktig faktor for maksimal kraft i muskelen. Den direkte sammenhengen mellom tverrsnittet og kraft, ligger i antall tverrbroer i parallell, også kalt sarkomerer i parallell (Raastad et al., 2010). Et sarkomer er en kontraktile enhet i muskelfibrene. Det består av to proteinfilamenter, myosin og aktin, som er aktive bidragsyttere til muskulær kontraksjon. Myosinfilamentene består av mange myosinhoder. Når disse blir koblet til de tynne aktinfilamentene, danner de aktin-myosin tverrbroer. Myosinhodene kan sammenliknes med en spent fjær. Når den binder seg til aktinet slipper den opp og det skapes kraftutslag som sender aktinet forbi myosinet. Dette resulterer i en kraftgenerering og forkortelse av det individuelle sarkomeret (Mansfield & Neumann, 2019). Myosinhodene består av en aktin-aktivert ATPase i bindingsleddet, som sørger for dette kraftutslaget som drar aktinet forbi myosinet (McArdle, Katch & Katch, 2015). Etersom hvert myosinfilament har flere hoder og hvert aktinfilament har flere bindingsmuligheter, åpner det for flere samtidige koblinger. Dette er essensielt for at et sarkomer skal kunne kontrahere maksimalt.



Selve kraften i en muskulær kontraksjon er i stor grad basert på hvor mange aktin-myosin tverrbroer som er etablert (Mansfield & Neumann, 2019). På et tidspunkt vil rundt 50% av myosin tverrbroene ha kontakt med aktinet og danner proteinkomplekset aktomyosin. Myosin tverrbroer kobler seg av aktinet når adenosintrifosfat (ATP) molekyler blir med i aktomyosin komplekset. Dette fører til at myosin hele tiden må koble seg av og på aktinfilamentet. Energi fra ATP hydrolyse overføres til mekanisk kraft når adenosindifosfat (ADP) og uorganisk fosfat avslutter sin form som ATP. En av sidene på myosinhodet binder seg på nytt til et aktin og den andre siden fungerer som det aktinaktiverende enzymet myosin ATPase. Dette enzymet splitter ATP for å frigjøre energi til muskelaksjon (McArdle, Katch & Katch, 2015).

Intracellulære kalsiumioner ( $\text{Ca}^{2+}$ ) spiller en stor rolle i regulering av en muskelfibers kontraktile og metabolske aktivitet. I en hvilende muskelfiber er konsentrasjonen av  $\text{Ca}^{2+}$  relativt lav. Ved muskelstimuli øker intracellulær  $\text{Ca}^{2+}$ , som overgår den kontraktile aktiviteten. Det cellulære  $\text{Ca}^{2+}$  øker betraktelig når aksjonspotensialet får  $\text{Ca}^{2+}$  til å frigis fra sarkoplasmatiske retikulum. Dette fører til at den hemmende effekten av troponin, som hindrer aktin og myosin fra å koble til hverandre, forsvinner når  $\text{Ca}^{2+}$  binder seg til aktinfilamentene. Tverrbroene kobler seg av aktinet når ATP binder seg til myosin tverrbroene. Så lenge  $\text{Ca}^{2+}$  konsentrasjonen fortsatt er høy nok til å hemme troponin-tropomyosin systemet, kan myosin tverrbroene fortsette å koble seg av og på aktinfilamentet (McArdle, Katch & Katch, 2015). Langvarig trening med moderat intensitet øker opptaket av  $\text{Ca}^{2+}$  til sarkoplasmatiske retikulum (Schertzer et al., 2004). Høyintensitets trening og trening til utmattelse vil derimot føre til en nedgang på 20-50% av  $\text{Ca}^{2+}$  opptak og frigjørelse (Matsunaga et al., 2002). Svingningene og varigheten av  $\text{Ca}^{2+}$  fluks reguleres av varigheten og frekvensen av kontraktile stimuli. Det vil si at ved utholdenhetstrening vil det føre til lengre perioder med moderat høyt  $\text{Ca}^{2+}$ , mens det ved styrketrening vil genereres kortere sykluser med svært høyt intracellulært  $\text{Ca}^{2+}$  (Coffey & Hawley, 2007).

Ettersom lagrene av ATP er begrenset, er det tre måter å tilføre energi til skjelettmuskulaturen på. Ved styrketrening er lagret kreatinfosfat og anaerob glykolyse hovedkilder til energi. Disse krever ikke oksygen. Den siste måten er avhengig av oksygen, og kalles aerob metabolisme. Den dreier seg om oksidativ utnyttelse av karbohydrater og fettsyrer (McCafferty & Horvath, 1977; Saltin, 1973). Når ATP lagrene gradvis tappes, er den energirike fosfatforbindingen, kreatinfosfat, en umiddelbar energikilde. Ved hydrolyse av kreatinfosfat, blir energien brukt til å danne nytt ATP. Enzymene kreatinfosfat kinase og myokinase katalyserer reaksjonen mellom kreatinfosfat og ADP for å forme nytt ATP

(McCafferty & Horvath, 1977; Saltin, 1973). Etter hvert som lagrene av kreatinfosfat tappes, produseres ATP ved nedbrytning av karbohydrater, i en prosess kalt anaerob glykolyse. To viktige enzymer i denne prosessen er fosfofruktokinase og laktatdehydrogenase (McCafferty & Horvath, 1977; Saltin, 1973). Ved langvarig trening blir energi hentet fra oksidativ nedbrytning av karbohydrater og fettsyrer i mitokondrier i muskelen. Muskulære adaptasjoner er godt dokumentert ved utholdenhetstrening og viser en forbedring i aerob metabolisme (Holloszy, 1973; Holloszy & Booth, 1976).

Det største tverrsnittet på hele muskelens lengde er det som avgjør styrken når aktiveringen av muskelen er maksimal (Behm & Sale, 1993). Musklene kan bestå av tre typer muskelfibre; type I, type IIA og type IIX (Raastad et al., 2010). Inndelingen av muskelfibertypene er gjort på bakgrunn av ATP-aseaktivitet og de tre isoformene av myosin heavy chain (MHC) i skjelettmuskulaturen (Taylor, Essén & Saltin, 1974; Wells, Edwards & Bernstein, 1996). Ved en isometrisk muskelaksjon vil alle tre fibertypene ha tilnærmet lik kraft dersom tverrsnittet er det samme. Ved en forkortning av musklene vil det derimot være store forskjeller i evnen til kraftutvikling. Jo raskere forkortningen skjer, jo større blir forskjellen. Type IIA fibre er omtrent dobbelt så raske som type I fibre og type IIX fibre er 3-4 ganger så raske som type I fibre (Raastad et al., 2010).

Bergh et al. (1978) har vist en direkte og signifikant sammenheng mellom  $VO_{2max}$  og prosentandelen trege muskelfibre, type I, hos idrettsutøvere og moderat godt trente personer. Type I og IIA fibre baserer seg hovedsakelig på oksidativ fosforylering, mens IIX fibre (og IIB fibre, som mennesker ikke har, men som blant annet finnes i mus) hovedsakelig baserer seg på glykolytisk fosforylering (Talbot & Maves, 2016). ATP-produksjonen ved oksidativ fosforylering krever at oksygen blir tilført via blodet. I tillegg tilfører blodet glukose og fettsyrer som for oksidering i cellene ved langvarig arbeid. De oksidative fibre inneholder også mer myoglobin, et oksygenbindende protein. Myoglobinet sørger for et effektivt oksygenopptak fra blodet, og virker som et reservelager for oksygen i cellene (Sand et al., 2014). I en studie av Costill et al. (1976) viste det seg at utrente personer har tilnærmet likt antall raske og trege muskelfibre. Lang- og mellomdistanseløpere har en fordeling på 60-70% trege muskelfibre, i motsetning til sprintere hvor muskulaturen består av rundt 80% raske muskelfibre.

Muskelarkitekturen er svært bestemmende for funksjonen i skjelettmuskulaturen. Muskelfibre har relativt lik fiberdiameter i muskler av ulike størrelser og fiberstørrelsen er som nevnt direkte proporsjonal med kraften hver enkelt muskelfiber genererer, men arkitektoniske

forskjeller i muskulaturen påvirker funksjonen i større grad (Lieber & Fridén, 2000). Musklene er konstruert med spoleform eller ulike typer fjærformede muskelfibre, ensidig, tosidig og multippel fjærform (Raastad et al., 2010). I spoleformet muskulatur går muskelfibrene i lengderetning med muskelen, mens i fjærformet muskulatur går muskelfibrene fra null til tretti grader fra lengderetning på muskelen (Lieber & Fridén, 2000). Ved store leddutslag er det en fordel med spoleformet muskulatur, da fibrene er lengre enn i fjærformet muskulatur selv med samme lengde og tykkelse på muskelen. Fjærformet muskulatur er imidlertid best ved mindre forkortningshastigheter på grunn av sine skråstilte muskelfibre. I slike skråstilte muskler er det plass til flere muskelfibre enn i spoleformede muskler med samme volum, og genererer derfor større kraft og dreiemoment ved lavere leddvinkelhastigheter (Raastad et al., 2010).

## **Hypertrofi**

Hypertrofi representerer økningen i muskelmassen og tverrsnittsarealet i en muskel (Hryvniak et al., 2021). Muskulær hypertrofi beskriver økningen av proteiner i en gitt muskelfiber, som fører til et økt tverrsnittsareal i muskelfiberet og selve muskelen (Morton, 2019). Hypertrofi er et resultat av at vi akkumulerer mer protein i hver muskelfiber. For at muskelproteinet skal kunne akkumuleres, må hastigheten på proteinsyntesen stimuleres, eller hastigheten på proteinnedbrytningen må reduseres. For en betydelig muskelvekst, må proteinsyntesens kapasitet øke samtidig som muskelfibrene vokser. Proteinsyntesen øker raskt i timene etter trening (Raastad et al., 2010). Hastigheten har vist seg å nå toppen innen 24 timer etter avsluttet treningsøkt og normaliserer seg etter 30-72 timer for utrente personer (McDougall et al., 1995; Phillips et al., 1997; Phillips et al., 1999). Selv om akutte responser ved proteinsyntesen er relativt konsekvent, har treningsstatus en effekt på omfanget og varigheten av syntesen (Damas et al., 2015). Ved trening med mål om hypertrofi vil muskulære adaptasjoner som å øke tverrsnitts arealet for hver muskelfiber, ved å få flere sarkomerer i parallell, være en sentral faktor (Cureton et al., 1988; Frontera et al., 1988; Staron et al., 1990). Ved mekanisk stress blir signalproteiner trigget, som aktiverer genet som igjen aktiverer overføring av mRNA og stimulerer proteinsyntesen til overskridelse av proteinnedbrytningen. Den akselererte proteinsyntesen, spesielt kombinert med effekten av insulin og tilstrekkelig tilgjengelighet av aminosyrer, fører til økt tverrsnittsareal ved styrketrening (McArdle, Katch & Katch, 2007).

TS har vist seg å gi en signifikant forbedring på hypertrofi (Campos et al., 2002; Häkkinen et al., 1985b). For å oppnå gunstig økning må det arbeides med en belastning på  $\geq 65\%$ , og enda

høyere belastning for å maksimere muskelstyrken (Kraemer et al., 2002; Kraemer & Ratamess, 2004). En sentral faktor for muskelvekst er det mekaniske draget i muskelen. Et optimalt volum (belastning \* repetisjoner \* antall serier) i en gitt styrkeøvelse vil kunne føre til økt muskelmasse (Schoenfeld, 2011). Belastningen ved hypertrofitrening er vanligvis på 60-85% av 1RM og utføres med 6-15 repetisjoner (Raastad et al., 2010).

## 2.2 Nevrale faktorer som bestemmer evne til kraftutvikling

Styrken bestemmes av samarbeidet mellom arbeidende muskulatur og nervesystemet. Muskelen er motoren som genererer kraft, mens nervesystemet kontrollerer motoren. Nervesystemtilpasninger ved styrketrening kan forbedre kontrollen av musklene og føre til større kraft. Disse nevralt tilpasningene kan forekomme i de høyere hjernesentrene eller i ryggmargen. En økning i styrke ved et gitt treningsprogram kan være et resultat av endringer i musklene eller i nervesystemet (Sale, 2003, s. 281). Nevral adaptasjon er et uttrykk for å beskrive flere ulike endringer i kroppen. Nevral adaptasjon kan innebære endringer i rekruttering av motoriske enheter, fyringsfrekvens og «rate coding», synkronisering av motoriske enheter, reflekspotensering, samkontraksjoner av antagonister, og synergistisk muskelaktivitet (Behm, 1995). Rekruttering av motoriske enheter dreier seg hovedsakelig om Hennemans rekrutteringsprinsipp, potensialet til hver enkelt motorisk enhet og antall enheter som er tilgjengelig (Dhand, 2014). Hennemans prinsipp går ut på at motoriske enheter rekrutteres i et hierarkisk system når dreiemomentet øker over et ledd (Henneman, 1957; Henneman, Somjen & Carpenter, 1965). Dersom kravet til kraftutvikling i en muskelaksjon er liten, rekrutteres kun de minste enhetene. Etter hvert som kravet til kraftutvikling i en isometrisk muskelaksjon øker, aktiveres flere og større enheter. Mindre motoriske enheter som aktiveres ved liten kraft, er som regel type I-enheter, mens større enheter, som aktiveres for å utvikle større kraft, som regel er type II-enheter (Gjerset, 2015, s. 392).

Kraften i en kontraksjon kan bli modifisert ved endring av fyringsfrekvens av aktive motonevroner. Denne mekanismen kalles «rate coding». Rekruttering og «rate coding» er ikke to individuelle mekanismer, men samarbeidet varierer med type kontraksjon og størrelse på muskelen. Eksempelvis ved større muskler, som m. biceps brachii, fortsetter rekrutteringen av motoriske enheter gjennom hele kraftanstrengelsen, mens «rate coding» spiller en signifikant rolle ved toppunktet av anstrengelsen. I mindre muskulatur, blant annet i hånda, er det vist at økning i rekrutteringen av motoriske enheter slutter når muskelkontraksjonen når 30% av MVC (maximal velocity contraction). Etter dette er det «rate coding» som står for den

gjenværende kraftutviklingen i muskelen (Kukulka & Clamann, 1981; deLuca, Foley & Erim, 1996). Finjustering av fyringsfrekvensen for å best mulig dra fordel av muskelfibrenes egenskap til å kontrahere, blir sett på som en slags «muskellæring» (Marsden et al., 1983a). Eksempelvis er fyringsfrekvensen svært høy i starten av en kontraksjon for å «kick-starte» kontraksjonen. Deretter reduseres fyringsfrekvensen for å minimere risikoen for tretthet i de motoriske enhetene, som fører til at kontraksjonstiden forlenges (Conwit et al., 1999). Muskellæring gjelder hovedsakelig ved maksimale kontraksjoner og er ikke i like stor grad gjeldende i vedvarende submaksimale isometriske og dynamiske kontraksjoner (Garland & Gossen, 2002). I tillegg til å regulere kraften i en gitt muskelaksjon, ved å kontrollere antall involverte motoriske enheter, kan fyringsfrekvensen brukes til å kontrollere kraften i hver enkelt enhet. I de aller fleste store muskler vil alle de motoriske enhetene være rekruttert opptil 80% av maksimal kraft. For å øke kraften ytterligere opp til maksimal kraft (100%), må vi øke fyringsfrekvensen i hver enkelt enhet (Milner-Brown et al., 1972; Milner-Brown et al., 1973a; Milner-Brown et al., 1973b).

Synkronisering av motoriske enheter kan defineres som en vilkårlig timing av impulser i to eller flere motoriske enheter (Milner-Brown et al., 1975). Studier som har fremkalt stimulering i motoriske enheter, har vist at usynkronisert stimulering fører til større kraftutvikling ved submaksimal stimuleringsfrekvens (Rack & Westbury, 1969; Lind & Petrofsky, 1978), og bedre og jevnere kraftproduksjon enn ved synkronisert stimulering (Clamann & Schelhorn, 1988). I tillegg har fremkalt synkronisering av motoriske enheter vist lavere RFD (rate of force development) i maksimale kontraksjoner enn ved usynkroniserte frivillige kontraksjoner (Miller et al., 1981).

Sale et al. (1983a) foreslo at reflekspotensering er et mål på evnen motoriske enheter har til å aktiveres fullt ut ved maksimale kontraksjoner. Økning i reflekspotensering er vist ved elektromyografimålinger (EMG) etter styrketrening (Sale et al., 1983a; Sale et al., 1983b). Samkontraksjoner av antagonister er utbredt i mange bevegelser (Behm, 1995). Ved slike samkontraksjoner aktiveres både agonistiske muskler, muskler som bidrar i en bevegelse, og antagonistiske muskler, muskler som jobber imot bevegelsesbanen (Koelewijn & Van Den Bogert, 2022). Graden av antagonistisk respons avhenger av flere ulike faktorer, som belastning (Lestienne, 1979; Wierzbicka, 1986; Mustard & Lee, 1987), bevegelsehastighet (Lestienne 1979; Marsden et al., 1983b; Karst & Hasan, 1987), kontraksjonslengde (Hannaford & Stark, 1985; Karst & Hasan, 1987), presisjon av bevegelse (Gordon & Ghez, 1984), varighet av akselerasjon og deselerasjon (Cooke & Brown, 1990), og type kontraksjon

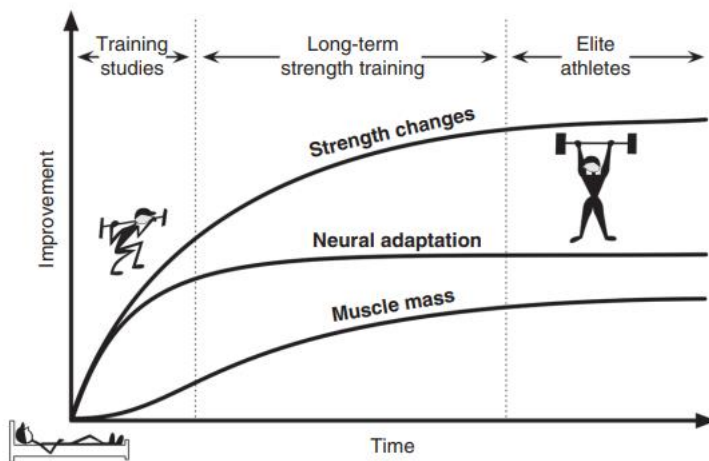
(Osternig et al., 1984). Det er en viss grad av aktivitet i antagonister i all muskelaktivitet. Dette må til for at leddet skal holdes stabilt under bevegelsen. I enkelte tilfeller kan det tenkes at aktivering av antagonister er i overkant høy, som hemmer dreiemomentet vi ønsker å oppnå. God teknikk i øvelsen vil føre til tilpasninger i nervesystemets kontroll av alle de involverte muskelgruppene. Dette fører igjen til bedre samarbeid mellom agonist og antagonist (Raastad et al., 2010).

Muskelsynergi er aktivering av en gruppe muskler som samarbeider om en gitt bevegelse (Cordo et al., 1997). En enkelt muskel kan være en del av flere muskelsynergier og en synergi kan aktivere ulike muskler (Wojtara et al., 2014).

### Nevrale tilpasninger ved styrketrening

For å sørge for optimal nevralt adaptasjon i et styrketreningsprogram er det viktig å aktivere flest mulig motoriske enheter. Dette gjelder spesielt de motoriske enhetene med høy terskel, for å oppnå maksimal muskelaktivering (Behm, 1995).

Nevromuskulære adaptasjoner vil som regel være en stor del av årsaken til fremgangen i en kortvarig intervensjonsstudie. Dette kommer hovedsakelig gjennom tilvenning av de inkluderte styrkeøvelsene (Sale, 1988; Figur 2).



Figur 2: Økning i styrke, muskelmasse og nevralt adaptasjon over tid. Treningsintervensjoner (8-12 uker) viser en stor økning i styrke som et resultat av nevralt adaptasjon. Ved trening over lengre tid øker muskelmassen og de nevralt tilpasningene nærmer seg et platå. For eliteutøvere er det lite endring i noen av de tre kjerneadaptasjonene i styrketrening (Hughes, 2018, s. 6).

Muskulær tretthet oppstår når musklene ikke lenger er i stand til å fungere optimalt og belastningen blir for stor. Før den muskulære trettheten trer inn, blir flere nevralt mekanismer påvirket og varsler kroppen før musklene blir rammet (Boyas & Guével, 2011). Ved repeterte eller vedvarende muskulær aktivitet vil nevralt tretthet etter hvert

begrense kraftutviklingen (Gandevia, 2001; Girard et al., 2008; Taylor & Gandevia, 2008; Amann et al., 2011). Muskulær tretthet avhenger av to separate prosesser, perifer og sentral tretthet. Perifer tretthet dreier seg om det som skjer i den arbeidende muskulaturen (Froyd et al., 2013). Sentral tretthet innebærer prosesser i det sentrale nervesystemet som reduserer overføringen av elektrisk aktivitet fra nervecellene, som setter i gang kontraksjoner i muskulaturen. Disse prosessene fører til at muskelaktivering reduseres, som fører til en reduksjon i kraftutvikling i selve muskelen (Gandevia, 2001; Taylor et al., 2016).

### 2.3 Trening med mål om å øke maksimal styrke (1-6RM)

Maksimal styrke defineres som den største kraften vi kan utvikle ved en konsentrisk og eksentrisk bevegelse eller ved isometriske aksjoner (Raastad et al., 2010). Maksimal styrke har tett tilknytning til maksimal kraftutvikling i overkropp og underkropp (Moss et al., 1997; Baker, 2001; Miller et al., 2018). MS, over 85% av 1RM, har vist seg å være mer effektivt enn styrketrening med lavere belastning for å forbedre maksimal muskelstyrke hos både unge og eldre (Heggelund, Fimland, Helgerud & Hoff, 2013). Det er samtidig dokumentert at det ikke er noen signifikant forskjell i relativ endring i maksimal styrke mellom menn og kvinner under treningsintervensjon eller nedtreningperiode i (Lemmer et al., 2000).

Test i 1RM er en mye benyttet form for å evaluere maksimal styrke i ulike styrkeøvelser, da det er definert som den tyngste belastningen en person klarer å løfte én gang (Grgic et al., 2020). Utrente personer kan gjerne ha en god økning i maksimal styrke også ved lavere belastning enn 85%. Det er vist at en belastning på 45-50% av 1RM kan føre til økning i dynamisk muskelstyrke (Anderson & Kearney, 1982; Stone & Coulter, 1994; Weiss, Conex & Clark, 1999; Campos et. al., 2002). Hos utrente personer vil økning i maksimal styrke bli påvirket med en gjennomsnittlig belastning på 60% av 1RM, tre ganger i uken, utført med fire serier i hver muskelgruppe. Trente personer vil kunne ha god effekt på maksimal styrke med en belastning på 80%, to ganger i uken, med fire serier per muskelgruppe. Idrettsutøvere og godt trente personer har vist god fremgang i maksimal styrke med en belastning på 85%, to ganger i uken, utført med åtte serier per muskelgruppe (Peterson et al., 2004; Peterson et al., 2005). For å videreutvikle nevralt adaptasjoner og maksimal styrke bør belastningen overgå 80% av 1RM (Häkkinen et al., 1985b). Denne belastningen bør utføres med 1-6 repetisjoner (Berger, 1962; O'Shea, 1966). Det er anbefalt å hvile minst 2-3 minutter mellom hver serie for både nybegynnere og erfarne løftere ved trening med mål om maksimale styrke i øvelser hvor kjernemuskulatur er viktig. Dette gjelder blant annet knebøy og benkpress (Pincivero et al., 1997; Pincivero & Campy, 2004; Ratamess et al., 2007; Willardson & Burkett, 2006).

Ved trening med hensikt om å øke maksimal styrke, vil nevralt adaptasjoner spille en stor rolle (Jenkins et al., 2017). Etersom MS krever stor kraft, vil flere og større motoriske enheter bli aktivert. Løfter man en blyant vil antall aktiverte motoriske enheter være akkurat tilstrekkelig, etter det hierarkiske systemet. Skal man derimot teste 1RM i knebøy eller benkpress vil alle de tilgjengelige motoriske enhetene bli aktivert (McArdle, Katch & Katch, 2015).

#### 2.4 Tradisjonell styrketrening (6-15RM)

Helseorganisasjonene WHO (World Health Organization), Helse Norge og American College of Sports Medicine (ACSM) anbefaler alle voksne mennesker å trene styrke minst to ganger i uken hvor de store muskelgruppene blir brukt (Ratamess et al., 2009; WHO, 2020; Helse Norge, 2022). Dette gjelder hovedsakelig TS med moderat til tung belastning. Det tilsier en belastning på <60% av 1RM (Ratamess et al., 2009). Belastningen ved TS er nært knyttet til økning i hypertrofi. Ved trening for å oppnå størst hypertrofi bør utrente og trente personer arbeide med en belastning på 70-85% av 1RM. Denne belastningen utføres med 8-12 repetisjoner i 1-3 serier per øvelse (Kraemer & Ratamess, 2004; Staron et al., 1991). For godt trente personer er det anbefalt å trene med en belastning på 6-12RM med repetisjoner i 3-6 serier (Kraemer, 1997; Kraemer et al., 2000). Pausene bør være på 1-2 minutter for utrente og trente personer. Godt trente personer bør ha 2-3 minutters pause mellom seriene ved tyngre belastninger, ved f.eks. baseløft, og 1-2 minutters pause mellom øvelser med moderat til moderat-høy intensitet (Athaiainen et al., 2005; Kraemer et al., 1990; Kraemer et al., 1991). TS bør utøves 2-3 ganger i uken av utrente personer for å få best mulig utbytte av treningen (Candow & Burke, 2007; Cureton et al., 1988). De samme anbefalingene gjelder for trente personer, eller det kan fordeles over 4 dager dersom det deles opp i over- og underkropp. For godt trente personer er det anbefalt å trene 4-6 dager i uken, hvor man fokuserer på færre muskelgrupper per dag (Ratamess et al., 2009).

Økning i hypertrofi kan ikke måles fysisk ved styrketester, som 1RM for maksimal styrke og MAR for muskulær utholdenhet. Det må utføres målinger av muskulaturen i form av CT, MR eller ultralyd (Raastad et al., 2010).

#### 2.5 Trening med mål om å øke muskulær utholdenhet ( $\geq 15RM$ )

Evnen en muskelgruppe har til å utføre repeterte kontraksjoner over en gitt tidsperiode som er tilstrekkelig for å forårsake tretthet, kalles muskulær utholdenhet (Wilder et al., 2006). En god



måte å undersøke muskulær utholdenhet på, er testing av MAR på en submaksimal belastning. Belastningen må tilpasses de involverte deltakerne og deres treningsbakgrunn (Clarke & Irving, 1960). Raastad et al. (2010) anbefaler en belastning på 20-60% av 1RM for å forbedre muskulær utholdenhet. Campos et al. (2002) og Stone & Coulter (1994) viste signifikant økning i muskulær utholdenhet med trening på respektive 15-40RM og 20-28RM, som ifølge Holtenkurven (Figur 3) tilsvarer omtrent <70% av 1RM. Dette er generelle retningslinjer, da det kan være store individuelle forskjeller (Raastad et al., 2010). Trening til utmattelse fører til en nedgang i opptak av  $Ca^{2+}$  (Matsunaga et al., 2002), som fører til at troponin hindrer myosin og aktin fra å koble seg til hverandre. Dette fører igjen til mindre energifrigjøring (McArdle, Katch & Katch, 2015). Ved praktisering av MU, er tilgjengeligheten av ATP vesentlig. Muskulenes ATP-lagre er svært små, og vil bli brukt opp i løpet av de første sekundene i en øvelse. For at musklene skal kunne fortsette å kontrahere, må tilførselen av ATP opprettholdes. Ved styrketrening, er det lagret kreatinfosfat og anaerob glykolyse som er hovedkildene for energi. Disse supplerer ATP ved mangel på oksygen (Bandy et al., 1990). Ved varig muskelaksjon vil tilgangen til ATP gradvis reduseres, samtidig som glykogenlagrene tømmes. ATP-nivået vil holdes relativt konstant helt til det oppleves fullstendig utmattelse (Sand et al., 2014).

Maksimal styrketrening i underekstremiteten har vist seg å forbedre arbeidsøkonomi og vist en positiv effekt på utholdenhetsprestasjoner (Aagaard et al., 2007; Heggelund et al., 2013; Rønnestad, Hansen & Raastad, 2010; Støren et al., 2008, Sunde et al., 2010). Arbeidsøkonomi er mengden energi brukt over en distanse ved en gitt belastning (di Prampero, 2003). Denne definisjonen tilsvarer i stor grad det samme som målet med muskulær utholdenhet, nemlig å opprettholde arbeid over tid med en gitt belastning (Raastad et al., 2010). Ved å utføre det samme arbeidet med en lavere relativ belastning, vil man kunne utføre flere repetisjoner og forbedre evnen til å holde ut lengre.

## 3.0 Metode

Studien har en narrativ form med hensikt å avdekke data som allerede er publisert. Det brukes derfor et systematisk litteratursøk som også er vanlig i narrative litteraturstudier.

### 3.1 Forskningsdesign

Dette forskningsprosjektet baserer seg på tidligere utførte studier og det er dermed ingen mulighet til å påvirke eller prege hvordan forskningen er gjennomført.

Det er tatt utgangspunkt i tidligere litteratur som omhandler relevante data i henhold til problemstillingen. Dette settes opp mot hverandre, sammenliknes og de viktigste variablene trekkes ut.

Søkemotoren Pubmed er hovedsakelig brukt for å samle inn data, da alle artikler som blir publisert der er fagfellevurdert.

### 3.2 Validitet og reliabilitet

I en litteraturstudie er det svært viktig å være kritisk til forskning og ulike kilder. Det kreves at man leser, forstår og kan analysere andres forskning med et kritisk blikk (Blaxter et al, 2010). Informasjonen som samles inn skal være valid, reliabel og generaliserbar (Olsson & Sørensen, 2009). All forskning som er inkludert i denne studien er fagfellevurderte publiserte artikler og er tatt med på bakgrunn av inklusjons- og eksklusjonskriteriene. Samtlige studier som svarte til kriteriene og var tilgjengelige er inkludert.

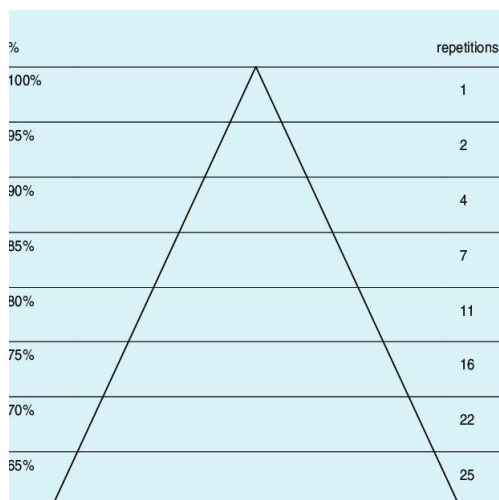
### 3.3 Inklusjons- og eksklusjonskriterier

MS defineres i denne oppgaven som arbeid med en belastning på 1-6RM og >85% av 1RM. TS defineres som 6-15RM og 70-85% av 1RM. MU defineres som en belastning på  $\geq 15$ RM og <70% av 1RM. Dette gjelder for både over- og underekstremiteter. Grunnen til at det er tatt utgangspunkt i denne belastningen er at studier utført på muskulær utholdenhet har arbeidet med så høye belastninger som 15-20RM (Stone & Coulter, 1994), som er tilnærmet 70-75% av 1RM (Figur 3). Grunnen til at det er tatt utgangspunkt i både antall RM og %RM er at de inkluderte studiene arbeider med begge måter å beregne belastning på.

For at tidligere forskning kunne inkluderes i denne studien, var inklusjons- og eksklusjonskriteriene følgende:

- Deltakerne måtte ha utført en treningsperiode over 6-16 uker som inneholdt knebøy og/eller benkpress.
- Treningen måtte bestå av MS, TS eller MU
- Ved MS måtte deltakerne ha utført pre- og posttest i 1RM
- Ved TS måtte deltakerne ha utført pre- og posttest i 1RM og MAR
- Ved MU måtte deltakerne ha utført en pre- og posttest i MAR
- Alle deltakerne måtte være friske og skadefrie
- Deltakerne i de inkluderte studiene måtte være mellom 18 og 35 år
- Artiklene er avgrenset  $\leq 2021$

Deltakere som ikke har kjennskap til styrkeøvelsene i de respektive studiene defineres som «utrente». Deltakere som har drevet med styrketrening i inntil ett år defineres som «trente». Deltakere som har drevet med styrketrening i over ett år defineres som «godt trente».



Figur 3: «Holttenkurven» viser prosent av 1RM på venstresiden og estimert maksimalt antall repetisjoner på høyresiden (Lorenz et al., 2010, s. 512).

### 3.4 Begrunnelse for valg av styrkeøvelser

Grunnen til at knebøy og benkpress har blitt valgt i denne studien er at det er de mest benyttede styrkeøvelsene for å måle utvikling av styrke i over- og underkropp (Saeterbakken et al., 2020; Swindon et al., 2012). Sannsynligheten for at læringseffekt vil spille en stor rolle på pre- og posttest ville vært betraktelig høyere dersom mindre benyttede styrkeøvelser hadde

blitt inkludert. Utrente personer vil naturligvis ha en læringseffekt i starten av treningsperioden (Blazevich et al., 2007), men reduseres da knebøy er nært tilknyttet bevegelsesmønstre man utfører i hverdagen (Myer et al., 2014).

Benkpress er en av de mest benyttede øvelsene for å bli sterkere i overkroppen (Saeterbakken et al., 2020). Den består av flere bevegelser som involverer både skulderleddet og albueleddet (Van den Tillaar & Ettema, 2010). Det er en svært kompleks øvelse der stor ytre belastning kan påføres og som krever høy nevrologisk aktivitet. Benkpress kan utføres med ulik bredde på grep, varierende hastighet på løftene og vekslende bevegelsesmønstre (Stastny et al., 2017).

Knebøy er en av de mest brukte styrkeøvelsene for å oppnå økt styrke eller for rehabilitering (Swinton et al., 2012). Øvelsen styrker hovedsakelig hofter, lår og rygg, som er svært viktige i idretter hvor løping, hopping og løfting forekommer. Det er en generell forståelse blant utøvere og trenere om at knebøy har en forbedret effekt på prestasjon og minimerer skaderisiko (Escamilla, 2001). Knebøybevegelsen brukes regelmessig i dagliglivet når vi reiser/setter oss, løfter gjenstander og mange andre ulike aktiviteter (Myer et al., 2014). Knebøy kan dermed relateres til livskvalitet i form av at utførelse av daglige gjøremål blir lettere (Schoenfeld, 2010). Selve øvelsen er svært kompleks og består av mange faktorer som kan påvirke optimaliseringen av et løft. Sett bort ifra muskelstyrken, er flere tekniske ferdigheter, som posisjonering av bein, knær, hofter, rygg, skuldre og hode, viktig å lære seg før man begynner å løfte med stor belastning. Disse faktorene er avgjørende både før, under og etter et løft (Kushner et al., 2015).

### 3.5 Søkeprosessen

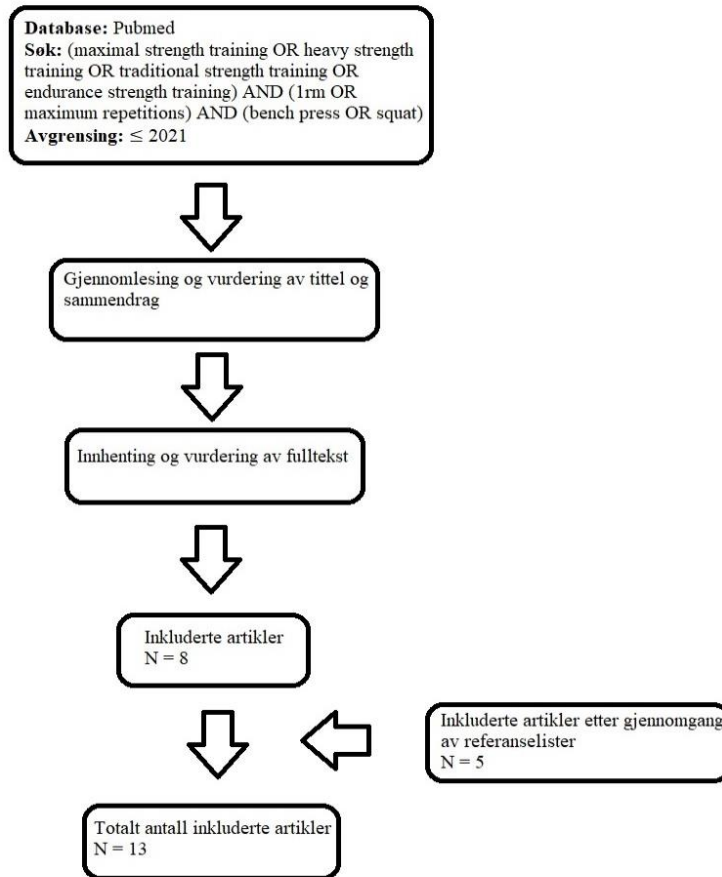
Tidligere litteratur innenfor temaet ble gradvis luket ut over flere faser. I første fase ble det gjort søk i Pubmed med kombinasjoner av søkekombinasjonene som vist i Tabell 1. Det første som ble sett på var overskriften. Den måtte fortelle at det var utøvd en form for styrketrening. Grunnen til at overskriften kunne være så bred er at det ikke alltid er konkretisert hva slags type styrketrening som er utført her, men er ofte tydeligere beskrevet i sammendraget. Hvis overskriften stemte, var fase to å gå gjennom «abstract»/sammendrag. Fase tre var å gå gjennom full tekst blant de artiklene som svarte til inklusjonskriteriene fra fase to. Artiklene ble til slutt inkludert eller ekskludert på bakgrunn av inklusjons- og eksklusjonskriteriene.

Noen inkluderte studier dukket opp i flere av de ulike søkekombinasjonene og er kun oppført som «inkludert» ved det første treffet.

<b>Tabell 1: Oversikt over søkekombinasjonene</b>			
<b>Database</b>	<b>Søkeord</b>	<b>Antall treff</b>	<b>Inkludert</b>
Pubmed	maximal strength training AND 1rm AND bench press OR squat	578	5
Pubmed	Heavy strength training AND 1rm AND bench press OR squat	132	1
Pubmed	Endurance strength training AND maximum repetitions AND bench press OR squat	466	1
Pubmed	traditional strength training AND maximum repetitions AND bench press OR squat	219	1
Pubmed	traditional strength training AND 1rm AND bench press OR squat	166	0
Totale funn via søk		1561	8
Studier funnet via referanseliste i andre artikler			5
<b>Totalt antall studier inkludert</b>			<b>13</b>

## Flytskjema

Flytskjemaet forklarer hvordan søknadsprosessen har foregått fra start til slutt. Antall artikler som er luket ut i hver prosess er ikke dokumentert og blir forklart nærmere i punkt 5.7.



Figur 4: Flytskjema

## 4.0 Resultat

Tabell 2 er en presentasjon av de ulike artiklene som er inkludert i denne studien.

Rekkefølgen er alfabetisk, hvor gruppene som utførte MS er presentert først, etterfulgt av TS og MU. Enkelte artikler hadde flere treningsgrupper som opererte med ulikt volum og antall serier, men som passet overens med inklusjonskriteriene. Derfor innehar noen av artiklene flere grupper. Noen av artiklene hadde flere treningsgrupper som opererte med ulike belastninger. Disse er merket med (1) og (2) for å skille mellom de ulike belastningene.

Det er totalt 22 treningsgrupper fordelt på 13 inkluderte studier.

Tabell 3 viser den sammenlagte %-vis økningen i 1RM og MAR i knebøy og benkpress av alle de inkluderte artiklene.

Pre- og posttest resultat, og %-økning av hver enkelt artikkel er presentert i tabell 4-14 i «Vedlegg». Hver av disse tabellene er skilt mellom benkpress og knebøy, og mellom MS, TS og MU.

<b>Tabell 2: Karakteristikk av inkluderte studier</b>						
<b>Studier</b>	<b>Antall pers.</b>	<b>Kjønn og bakgrunn</b>	<b>Alder</b>	<b>Øvelser</b>	<b>Frekvens/ varighet</b>	<b>Intensitet</b>
Baker et al., 1994	9	Menn Trent	19.0 ± 1.1	Benkpress Knebøy	3 økter pr uke/ 12 uker	MS (6RM)
	5	Menn Trent	21.4 ± 5.0	Benkpress Knebøy	3 økter pr uke/ 12 uker	MS (6RM)
Cholewa et al. 2017	10	Kvinner Utrent	20.3 ± 1.5	Knebøy	3 økter pr uke/ 9 uker	MS (6RM)
Hermassi et al. 2011	12	Menn Godt trent	21 ± 1.9	Benkpress	2 økter pr uke/ 8 uker	MS (80-95% av 1RM)
Herrick et al. 1996	10	Kvinner Utrent	24.1 ± 5.6	Knebøy Benkpress	2 økter pr uke/ 15 uker	MS (6RM)
Schoenfeld et al. 2014	10	Menn Godt trent	23.6 ± 3.1	Knebøy Benkpress	3 økter pr uke/ 8 uker	MS (3RM)
Schoenfeld et al. 2016a (1)	13	Menn Godt trent	22.3 ± 3.9	Knebøy Benkpress	3 økter pr uke/ 8 uker	MS (3RM)
Aube et al. 2020	13	Menn Godt trent	21.5 ± 2.3	Knebøy	2 økter pr uke/ 8 uker	TS (6-15RM)
	12	Menn Godt trent	20.7 ± 2.4	Knebøy	2 økter pr uke/ 8 uker	TS (6-15RM)

	10	Menn Godt trent	23.5 ± 5.7	Knebøy	2 økter pr uke/ 8 uker	TS (6-15RM)
Schoenfeld et al. 2015 (1)	12	Menn Trent	23.3	Benkpress	3 økter pr uke/ 8 uker	TS (70-80% av 1RM)
Schoenfeld et al. 2016a (2)	13	Menn Godt trent	24.1 ± 4.5	Benkpress	3 økter pr uke/ 8 uker	TS (10RM)
Schoenfeld et al. 2016b	11	Menn Trent	18-35	Benkpress	3 økter pr uke/ 8 uker	TS (8-12RM)
	10	Menn Trent	18-35	Benkpress	3 økter pr uke/ 8 uker	TS (8-12RM)
Schoenfeld et al. 2019	15	Menn Godt trent	23.8 ± 3.8	Benkpress	3 økter pr uke/ 8 uker	TS (8-12RM)
	15	Menn Godt trent	23.8 ± 3.8	Benkpress	3 økter pr uke/ 8 uker	TS (8-12RM)
	15	Menn Godt trent	23.8 ± 3.8	Benkpress	3 økter pr uke/ 8 uker	TS (8-12RM)
Stone & Coulter, 1994 (1)	17	Kvinner Utrent	23.1 ± 3.5	Benkpress Knebøy	3 økter pr uke/ 9 uker	TS (6-8RM)
Kikuchi et a., 2017	9	Menn Utrent	20.2 ± 0.7	Benkpress	2 økter pr uke/ 8 uker	MU (40% av 1RM)
Schoenfeld et al. 2015 (2)	12	Menn Trent	23.3	Benkpress	3 økter pr uke/ 8 uker	MU (30-50% av 1RM)
Stone & Coulter, 1994 (2)	16	Kvinner Utrent	23.1 ± 3.5	Benkpress Knebøy	3 økter pr uke/ 9 uker	MU (15-20RM)
	17	Kvinner Utrent	23.1 ± 3.5	Benkpress Knebøy	3 økter pr uke/ 9 uker	MU (30-40RM)

MU = muskulær utholdenhet, MS = maksimal styrketrening, TS = tradisjonell styrketrening. (1), (2) og (3) = treningsgruppene kommer fra samme studie. RM = repetisjon maksimum. Alder er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik.

<b>Tabell 3: Styrkeendring i knebøy og benkpress etter ulike treningsbelastninger</b>				
Treningsbelastning	% -økning i 1RM		% -økning i MAR	
	Knebøy	Benkpress	Knebøy	Benkpress
1-6RM	32%	16,4%	x	26,6%
6-15RM	16,5%	9,5%	37%	16,3%
≥15RM	28%	9,7%	72%	25,3%

Dataene er presentert som gjennomsnittlig endring målt i %.  
x = ingen av de inkluderte studiene utførte MAR test etter trening med denne belastningen.  
1RM = én repetisjon maksimum, MAR = maksimalt antall repetisjoner med en belastning på 40-70% av 1RM



#### 4.1 Endring i 1RM og MAR etter MS

Av totalt 6 studier med MS, bestående av 7 treningsgrupper er det 6 grupper som har utført en treningsperiode med knebøy og 6 grupper som har utført en treningsperiode med benkpress. 5 av 7 treningsgrupper bestod av menn, og to av kvinner.

##### **Endring i 1RM**

Studiene som inkluderte knebøy hadde en gjennomsnittlig økning på 32% og studiene som inkluderte benkpress hadde en gjennomsnittlig økning på 16,4%.

Tre av gruppene var «godt trent», hvorav to grupper utførte knebøy og alle tre utførte benkpress. De hadde en gjennomsnittlig økning på henholdsvis 26,6% og 15%.

To grupper var «trent» og alle utførte knebøy og benkpress. De hadde en gjennomsnittlig økning på respektive 25,1% og 14,1%.

To grupper var «utrent» hvorav to trente knebøy og én trente benkpress. De hadde en gjennomsnittlig økning på 44,4% i knebøy og den ene gruppen som trente benkpress hadde en økning på 25,2%.

To grupper hadde kvinnelige deltakere og hvorav to trente knebøy og én trente benkpress. De hadde en gjennomsnittlig økning på 44,4% og den ene gruppen som trente benkpress hadde en økning på 46,3%. Den gjennomsnittlige økningen i knebøy for menn var 26,6%, mens økningen i benkpress var 14,6%.

##### **Endring i MAR**

Én gruppe blant MSG utførte pre- og posttest i MAR i benkpress<sup>1</sup>. De hadde en økning på 26,6%. Denne gruppen var «trent»

#### 4.2 Endring i 1RM og MAR etter TS

Av 6 studier som utførte TS, bestående av 11 treningsgrupper er det 5 grupper som utførte knebøy og 8 grupper som utførte benkpress. Fem studier ble utført av menn og én studie ble utført av kvinner.

---

<sup>1</sup> Dette var ikke et krav for å bli inkludert i MSG

## **Endring i 1RM**

Gjennomsnittlig økning for samtlige treningsgrupper var 16,5% i knebøy og 9,5% i 1RM benkpress. Den gjennomsnittlige økningen i 1RM i benkpress hos menn var 8,1%. Kun én gruppe med kvinner utførte benkpress i sin treningsperiode og hadde en økning på 18,9%. Menn hadde en gjennomsnittlig økning i 1RM i knebøy på 11%, kvinnene hadde en økning på 33%.

Det var kun kvinnelige deltakere som var «utrente», mens de mannlige gruppene besto av «trente» eller «godt trente» deltakere. Økningen blant «utrente» deltakere var 18,9% i benkpress og 33% i knebøy.

Blant «trente» deltakere, er det tre grupper som er representert. De utførte kun benkpress og hadde en økning på 7,7%.

De resterende sju gruppene består av «godt trente» deltakere. Deltakerne hadde en gjennomsnittlig økning på 8,5% i benkpress og en økning på 11% i knebøy.

## **Endring i MAR**

Gjennomsnittlig økning for alle gruppene, var 37% i knebøy og 16,3% i benkpress. I knebøy hadde menn en gjennomsnittlig økning på 27,4%. Én kvinnelig gruppe utførte knebøy og hadde en økning på 65,9%. Den gjennomsnittlige økningen i MAR i benkpress for menn var 13,9%. Den ene kvinnelige gruppen som utførte benkpress, hadde en økning på 24,8%.

Det var kun kvinner som gikk under kategorien «utrent» som utførte pre- og posttest i MAR. Den gjennomsnittlig økning for «utrente» personer var 24,8% i benkpress og 65,9% i knebøy. Blant de «trente» deltakerne var det tre grupper, og de utførte kun benkpress. De hadde en økning med 12,1% fra pre- til posttest.

De «godt trente» deltakerne hadde en gjennomsnittlig en økning i benkpress på 17,3% og en gjennomsnittlig økning på 27,4% i knebøy.

### **4.3 Endring i 1RM og MAR etter MU**

Av totalt fire treningsgrupper innen MU, utførte alle gruppene pre- og posttest i benkpress, og to grupper utførte pre- og posttest av i knebøy. To grupper besto av kvinner og to grupper besto av menn.

## **Endring i 1RM**

Gjennomsnittlig økning i 1RM var 28% i knebøy og 9,7% i benkpress.

Gruppene med menn utførte kun benkpress og hadde en økning på 5,2%.

Kvinner hadde en økning på 28% i knebøy og 14,2% i benkpress.

«Utrente» personer hadde en økning på 28% i knebøy og 12,1% i benkpress.

Én gruppe var «trent» og utførte kun benkpress. Deltakerne hadde en økning på 2% i 1RM.

## **Endring i MAR**

Gjennomsnittlig økning i MAR var 72% i knebøy og 25,3% i benkpress.

Gruppene med menn utførte kun benkpress og hadde en gjennomsnittlig økning på 13,3%.

Kvinnene hadde en gjennomsnittlig økning i benkpress på 30,8% og en gjennomsnittlig økning på 72% i knebøy.

«Utrente» hadde en gjennomsnittlig økning på 28,1% i benkpress og en gjennomsnittlig økning på 72% i knebøy. Én gruppe var «trent» og utførte kun benkpress. De hadde en økning på 16,6%.

## 5.0 Diskusjon

### 5.1 Hovedfunn

Med unntak av én treningsgruppe, forbedret alle treningsgruppene seg i 1RM og/eller MAR i løpet av en treningsperiode på mellom 6 og 15 uker i knebøy og/eller benkpress.

I MSG var det en gjennomsnittlig økning i 1RM på 31,7% i knebøy og 16,4% i benkpress.

TSG hadde en gjennomsnittlig økning i 1RM på 22,4% i knebøy og 9,9% i benkpress. I tillegg hadde de en gjennomsnittlig økning i MAR på 45% i knebøy og 16,7% i benkpress.

MUG hadde en gjennomsnittlig økning 1RM på 28% i knebøy og 9,7% i benkpress. I MAR hadde de en økning på 96,5% i knebøy og 22% i benkpress.

Uavhengig av hvilken treningsform som ble utøvd tyder det på at man kan oppnå stor økning i 1RM og MAR i løpet av kort tid. Trening av MS fører til en større relativ økning i 1RM i knebøy og benkpress enn ved TS. MUG hadde klart bedre fremgang i MAR enn TSG.

Forskjellen mellom MSG og MUG i 1RM var overraskende liten. «Utrente» deltakere hadde en større relativ økning i 1RM og MAR enn «trente» og «godt trente» i alle tre treningsformene.

### 5.2 Faktorer som påvirker 1RM etter MS

Utrente personer vil vanligvis ha en større relativ økning enn trente personer i startfasen av et styrketreningsprogram på grunn av læring av teknikk i tilvenningsfasen i selve øvelsen og en rask forbedring i evnen til å aktivere muskulaturen maksimalt (Blazevich et al., 2007). Utrente personer som gjennomfører styrketreningsprogram 2-3 ganger i uken på over 60% av 1RM, kan normalt sett oppnå en økning på 1% i 1RM per treningsøkt (Kraemer et al., 2002). I løpet av en 12-ukers treningsperiode med tre økter per uke, vil 1% økning per treningsøkt tilsvare 30-40% økning i 1RM. Godt trente og trente personer vil normalt sett ha en gjennomsnittlig fremgang på 10-15% i 1RM over 12 uker (Raastad, 2010). Dette gjenspeiler resultatene mellom «utrente», «trente» og «godt trente» etter trening av maksimal styrke i dette studiet, selv om ingen «utrente» utførte benkpress. De «utrente» deltakerne hadde en betydelig større økning enn deltakerne med annen treningsbakgrunn. En faktor her kan være at treningsperiodene er relativt korte og at økningen hovedsakelig skyldes nevromuskulære adaptasjoner og i mindre grad økning i muskelmasse (Sale, 1988). Potensialet til nevralt adaptasjoner hos trente personer og styrkeutøvere vil være mer begrenset, og vil ha en sammenheng med deltakernes treningsstatus før intervensjon (Häkkinen, 1985a).

Det viser seg at de «godt trente» hadde tilnærmet lik fremgang i knebøy og benkpress som de «trente». Hvorvidt dette skyldes nevralt eller muskulære adaptasjoner er vanskelig å konkludere med, men det kan tenkes at det primært er muskulære adaptasjoner som har bidratt til økningen i disse to gruppene ettersom den var tilnærmet lik. Den gjennomsnittlige maksimale styrken ved pretest var tilnærmet lik for «trente» og «godt trente» deltakere. Det vil si at de hadde samme utgangspunkt i maksimal styrke før treningsperiodene selv om de hadde ulik treningsbakgrunn. Ettersom alle deltakerne i disse to gruppene var menn, er ikke kjønn en faktor og det kan tyde på at treningsbakgrunn ikke har spilt en avgjørende rolle for disse to gruppene, selv om bakgrunn i teorien skal være en påvirkende faktor (Häkkinen, 1985a). En faktor som kan spille inn er treningsspesifisiteten ved øvelsene og belastningen. Spesifisitet i trening er et prinsipp for å sørge for gunstig adaptasjon og forbedring i prestasjon. Fra et fysiologisk standpunkt, må et treningsprogram stresse systemene som er involvert i en gitt øvelse for å oppnå spesifikke treningsadaptasjoner (Reilly et al., 2009). Det kan tenkes at de «trente» deltakerne har trent mer med belastninger nærliggende maksimal styrke enn de «godt trente» deltakerne, ettersom de har mindre erfaring med styrketrening, men har tilnærmet samme resultat på pretest og posttest. Summen av erfaring og treningsspesifisitet gjør at de allikevel stiller likt før treningsperioden. De «godt trente» deltakerne hadde lengre erfaring med styrketrening, men det er ikke gitt at de primært har utøvd knebøy og benkpress som en del av sin styrketreningsrutine.

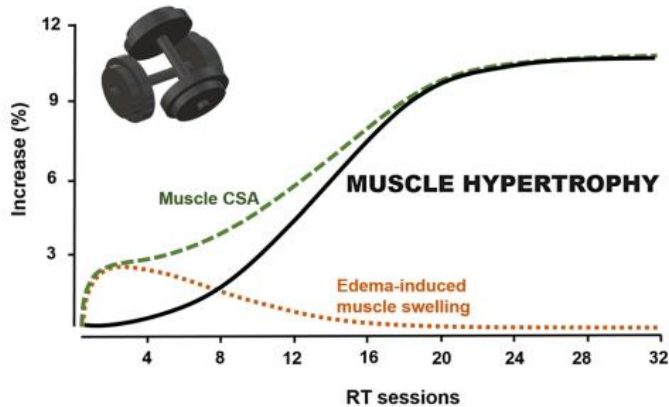
Selv om de «utrente» deltakerne som utførte MS kun trente knebøy, var økningen såpass mye større enn de «trente» og «godt trente», at det kan tenkes at de nevrologiske adaptasjonene har ført til den store forskjellen mellom gruppene. Komplekse øvelser hvor bevegelsen involverer ett eller flere ledd kan lede til en lengre tilvenning av nevralt adaptasjoner, som fører til en forsinkelse av hypertrofi (Chilibeck et al., 1998). Chilibeck et al. (1998) gjorde en ti ukers beinpress studie på unge kvinner hvor muskelstyrken hadde en signifikant økning, men hvor økningen i hypertrofi ikke var signifikant. For at muskelmasse og muskelstyrke skal videreutvikles, må overbelastning av musklene forekomme (Häkkinen, 1989).

Et interessant funn er at det i denne studien ble funnet signifikant økning i muskelvolum hos både «godt trente» og «utrente» deltakere som utførte MS (Hermassi et al., 2011; Schoenfeld et al., 2014; Schoenfeld et al., 2016; Cholewa et al., 2017). Dette strider imot tidligere forskning, hvor det er vist at hyppig økning i muskelstyrke ved et tidlig stadium sjelden er påvirket av hypertrofi (Cureton et al., 1988; Narici, 1989; Staron et al., 1990; Chilibeck et al., 1998). Selv ved en økning i muskelstyrke på 22-30%, har utrente personer tidligere kun

dokumentert 3% økning i muskelmasse (Chilibeck et al., 1998). Dette kan tyde på at de inkluderte studiene, på samme måte som Candow & Burke (2007), har manipulert faktorer ved treningsperioden slik at musklene oppnår overbelastning. Muskelstyrke øker proporsjonalt med muskelens tverrsnitt (Sale et al., 1987) og det vil da være naturlig å anta at signifikante økninger i muskelmasse over en kort periode med MS, vil være en stor bidragsyter til økt muskelstyrke.

Damas et al. (2016a) undersøkte økning i muskeltverrsnitt hos unge utrente over en kort treningsperiode og fant ut at økningen ikke var et resultat av hypertrofi alene, men også av ødemindusert hevelse i muskulaturen. Ødem er væskeopphopning i kroppens vev, i dette tilfellet muskulaturens vev, mest sannsynlig forårsaket av små rupturer i muskulaturen (Damas et al., 2016a). Denne studien viser at økning i hypertrofi ikke nødvendigvis er grunn til økt muskeltverrsnitt ved et tidlig stadium for utrente personer. Det må i så fall undersøkes om en ødemindusert muskelhevelse kan være en av faktorene til økt muskeltverrsnitt. Slike skader på muskulaturen er vanligvis mye høyere ved et tidlig stadium styrketreningsprogram for utrente personer, da stresset på muskulaturen blir stort for utrent muskulatur (Gibala et al., 2000; Newton et al., 2008; Damas et al., 2016b). Slikt stress påvirker homeostasen i muskulaturen som fører til endringer i muskelens morfologi, altså muskelens form (Beaton et al., 2002; Lauritzen et al., 2009; Paulsen et al., 2012; Damas et al., 2016b). Figur 5 gir en god beskrivelse av utviklingen av muskelhypertrofi hos en utrent person ved utførelse av styrketrening. Den viser at etter <4 styrkeøkter er muskeltverrsnittet hovedsakelig påvirket av ødem. Etter 4-8 økter begynner ødemet å avta og muskelhypertrofi begynner å øke. Etter 8-12 økter er muskeltverrsnittet i størst grad påvirket av hypertrofi. Etter omkring 18 styrkeøkter kan det nærmest fastslås at økningen i muskeltverrsnitt hovedsakelig er påvirket av muskelhypertrofi (Damas et al., 2018).

Alle de inkluderte studiene i denne artikkelen, som trente maksimal styrke, utførte 16-36 treningsøkter. Det vil da være nærliggende å tro at den signifikante økningen i muskeltverrsnitt faktisk skyldes muskelhypertrofi, og i liten grad er påvirket av ødem.



Figur 5: Skjematisk representasjon av «faktisk» økning i muskelhypertrofi (tykk linje) under styrketrening. Grønn stiplet linje viser økning i muskelens tverrsnittets areal. Oransje stiplet linje viser graden av ødemindusert hevelse i muskulaturen (Damas et al., 2018, s. 490).

### 5.3 Faktorer som påvirker 1RM etter TS

I likhet med deltakerne som utførte MS, hadde «utrente» som utførte TS en klart større relativ økning i 1RM enn «trente» og «godt trente» personer.

Resultatene viser også større relativ forbedring i knebøy enn i benkpress i både 1RM og MAR. Dette kan sammenliknes med studiene som utførte MS. Selv om økningen i 1RM var større hos MSG er tendensen i utviklingen blant deltakerne den samme for de ulike treningsformene. Grunnen til den store økningen hos «utrente», i forhold til «trente» og «godt trente» deltakere, kan tenkes å være påvirket av tilvenningsfasen i knebøy og benkpress.

Fotballspillere med lite styrketreningserfaring økte mye mer i maksimal styrke i underekstremiteten enn i overekstremitet (Barjaste & Mirzaei, 2017). Økningen var betydelig større fra og med pretest til uke 6 enn fra uke 6 til uke 12. Samtidig økte muskelmassen mer fra uke 6 til 12 enn fra pretest til uke 6 (Barjaste & Mirzaei, 2017). Dette gir et godt bilde på hvordan utviklingen hos «utrente» i et styrketreningsprogram teoretisk sett kan se ut. Den store økningen i 1RM i starten av treningsperioden skyldes nevro-muskulære tilpasninger, før økningen i muskelstyrke gradvis baserer seg mer på muskulære adaptasjoner og flater noe ut. Tidligere studier har vist varierende resultater på sammenheng mellom treningsvolum og økning i muskelstyrke. Schoenfeld et al. (2019) utførte en treningsperiode hvor tre grupper trente med ulikt volum (lavt, moderat og høyt). Resultatene viste en større økning i muskelmasse des høyere treningsvolum, men ingen signifikant forskjell mellom gruppene i verken muskelstyrke eller MAR. Ralston et al. (2017) konkluderte i sin metaanalyse med en

sammenheng i dose-respons mellom antall ukentlige serier og økning i muskelstyrke. Moderat eller høyt volum førte til betydelig større økning i muskelstyrke enn trening med lavt volum, uavhengig av treningsbakgrunn. Ostrowski et al. (1997) viste ingen signifikant forskjell mellom grupper av lavt, moderat eller høyt volum, i verken muskelstyrke eller muskelmasse. Aube et al. (2020) viste ingen forskjell mellom grupper i økning av muskelmasse, dog økte 1RM i knebøy i større grad ved lavt og moderat volum enn ved høyt volum. Marshall et al. (2011) viste i likhet med Ralston et al. (2017) en sammenheng i dose-respons mellom antall serier og økning i muskelstyrke. Selv om de overnevnte studiene arbeider med lavt, moderat og høyt volum, varierer definisjonene noe mellom studiene. Dette kan ha ført til de ulike resultatene.

I teorien vil muskelstyrke være direkte proporsjonalt med størrelsen på muskelen (Akagi et al., 2009; Bamman et al., 2000; Bruce et al., 1997). Det vil dermed være nærliggende å tenke at en økning i muskelmasse, som i størst grad forekommer ved trening med høyt volum (Krieger, 2010; Schoenfeld et al., 2019), vil føre til en proporsjonal økning i muskelstyrke.

Enkelte av de inkluderte studiene innen TSG målte muskelmasse før og etter treningsperioden. Disse kunne ikke vise til en korrelasjon mellom økning i muskelmasse og muskelstyrke. Selv om enkelte grupper økte i muskelstyrke, var ikke nødvendigvis økningen i muskelmasse signifikant. Lasevicus et al. (2022) viste at en økning i muskeltverrsnitt kan økes i like stor grad med lav (30%), som med tung belastning (80%) i beinpress dersom seriene utføres til utmattelse. Økningen i 1RM var derimot signifikant i favør tung styrketrening. Treningsgruppene utførte treningsperiodene med tilnærmet likt volum (Lasevicus et al., 2022).

#### 5.4 Faktorer som påvirker i 1RM etter MU

Sammenliknet med TSG, hadde MUG lik økning i 1RM i benkpress og større økning i knebøy. Økningen i 1RM i knebøy blant MUG var tilnærmet lik MSG. Dette er noe overraskende med tanke på at tidligere studier har funnet signifikant større økning i 1RM ved MS enn ved lavere belastninger (Jenkins et al., 2017; Weiss et al., 1999). Samtidig besto 75% av MUG av «utrente» personer. Det er tidligere vist at uerfarne personer kan ha svært god effekt på maksimal styrke ved lavere belastning, rundt 60% av 1RM (Peterson et al., 2004; Peterson 2005). Det kan antas at dette er en avgjørende faktor, ettersom «utrente» kun sto for 28% og 9% av deltakerne i MSG og TSG. I tillegg vil antakeligvis tilvenningsfasen av styrkeøvelsene ha spilt en rolle for tidlig utvikling i muskelstyrke hos deltakere uten



styrketreningserfaring (Sale, 1988). De gjenværende 72% og 91% blant MSG og TSG vil ha en flatere læringskurve ettersom de er kjent med treningskonseptet fra før.

Forskjellen mellom knebøy og benkpress var større enn i de to andre treningsformene. Ettersom den ene «trente» gruppen som utførte MU kun trente benkpress, kunne det antas at den har dratt den gjennomsnittlige økningen ned. Det har seg derimot slik at en av de «utrente» gruppene kun hadde en relativ økning på 2% og dermed sørget for den store forskjellen mellom knebøy og benkpress i 1RM. Når antall MUG er såpass få, kan et annerledes resultat hos én av gruppene føre til store endringer i den totale sammenheng.

### 5.5 Faktorer som påvirker i MAR etter MS, TS og MU

I denne delen vil MUG og TSG direkte sammenliknes. Det kommer av at MUG var svært få. I tillegg var MUG hovedsakelig representert ved «utrente» og antall inkluderte studier som utførte TS i størst grad er representert av «godt trente». Kun én studie innen MSG utførte MAR og vil bli beskrevet for seg selv lenger ned i dette punktet.

Den store forskjellen i MAR mellom over- og underekstremiteten tyder på at muskulær utmattelse forekommer tidligere i benkpress enn i knebøy selv om treningsperiodene ble utført med samme % av 1RM.

MUG viste en større økning i MAR enn TSG i knebøy og benkpress. Differansen mellom de to treningsformene var tydelig større i knebøy enn i benkpress. Forskjellen mellom MUG og TSG kan i stor grad skyldes at MUG er representert av flest «utrente» og at TSG er representert av flest «godt trente». Det er vanskelig å si hvor stor, eller om det i det hele tatt hadde vært en forskjell mellom de to treningsformene dersom representasjonen av de ulike treningsbakgrunnene hadde vært lik i de to treningsformene.

Alle gruppene som utførte pre- og posttest i MAR, gjorde dette med en belastning på 40-70% av 1RM. Gitt at deltakerne i gruppene hadde samme treningsbakgrunn, ville de klart flere repetisjoner med 40% enn med 70%. Dette hadde ført til at en økning på 3 repetisjoner med 70% belastning gir en større relativ økning i MAR enn 3 repetisjoner med 40% belastning. På bakgrunn av treningsprinsipp og at trening til utmattelse forbedrer evnen til MAR (Reilly et al., 2009; Tran et al., 2006), vil en treningsperiode med MU potensielt føre til større relativ økning i MAR enn både MS og TS. MAR med tyngre belastning, opp mot 70%, vil være fordelaktig for TSG for gruppene som har trent til utmattelse, da belastningen er nærliggende deres treningsbelastning. Ettersom denne belastningen kun gjaldt én studie og de aller fleste

utførte MAR med 40-50% av 1RM, vil en treningsperiode med MU i større grad dra fordel av MAR enn TSG. MAR er i bunn og grunn skreddersydd for MUG, da MU dreier seg om å opprettholde et arbeid med en gitt intensitet over tid (Raastad et al., 2010).

Både raske og langsomme bevegelseshastigheter har vist seg å være effektivt for muskulær utholdenhet. Dette gjøres ved å trene med moderat antall repetisjoner og langsomme bevegelser, eller med mange repetisjoner og raske bevegelser (Ratamess et al., 2009). Ved å øke tidsperspektivet med tilstrekkelig ytre belastning kan muskeltrettheten økes. Dette er viktig for å fremprovosere forbedringer i muskulær utholdenhet. En økning i tiden under stress har dog en større effekt på perifer enn sentral tretthet (Tran, Docherty & Behm, 2006). MU blir gjerne benyttet blant utholdenhetsutøvere for å forbedre deres utholdende kapasitet (Sedano et al., 2013).

Av alle studiene som testet MAR, var det kun én som ikke dokumenterte at de trente til utmattelse (Stone & Coulter, 1994). Selv om det er vist at trening til utmattelse forbedrer evnen til MAR (Tran et al., 2006), hadde de en betydelig større økning i MAR i både knebøy og benkpress enn de resterende gruppene. Denne ene studien besto av tre grupper som trente knebøy og tre som trente benkpress. Bortsett fra at deltakerne var «utrente», skilte de seg ikke ut fra de andre gruppene ved pretest. Én av disse gruppene utførte TS, mens de to andre utførte MU. På samme måte som ved endring i 1RM, kan graden av «utrente» personer være avgjørende for differansen i økning i MAR mellom TSG og MUG. Ettersom utrente personer vanligvis har en relativt mye større økning i muskelstyrke i starten av en treningsperiode enn trente personer (Sale, 1988), kan det tenkes at differansen i MAR ikke ville vært like stor mellom MUG og TSG dersom treningsbakgrunnen hadde vært tilnærmet lik i de ulike treningsformene. Spesielt knebøy synes å være preget av dette, da den relative økningen var 72% hos MUG og 37% hos TSG.

Én gruppe blant MSG utførte pre- og posttest av MAR i knebøy. Ettersom det kun var denne ene gruppen kan den ikke settes opp mot TSG og MUG, men økningen på 26,6% tilsier at en treningsperiode med MS kan føre til god relativ økning i MAR. Progresjonen er større enn den gjennomsnittlige økningen i MAR hos både TSG og MUG. Ettersom den ene gruppen utførte hver serie til utmattelse, kunne det tenkes at dette var en faktor. Som beskrevet tidligere, utførte de fleste studiene som testet MAR hver serie til utmattelse.

Det er dokumentert store forskjeller i graden av økning i 1RM hos personer med lik treningsbakgrunn og som har gjennomgått samme treningsprogram over 12 uker. Resultatene

varierte fra 4-5% til 60% økning. Dette vil si at det er store individuelle forskjeller i treningsrespons til tross for samme utgangspunkt og treningsopplegg (Raastad, 2010). Det kan tenkes at noe liknende har skjedd i noen av treningsgruppene som er inkludert i denne studien, da det ikke er tilgang til resultater på individnivå. Ved 1RM var det lite endring i standardavvik, mens det ved MAR var enkelte studier som hadde en nevneverdig stor endring fra pre- til posttest. Spredningen i MAR økte kraftig i løpet av treningsperioden, noe som tyder på store individuelle forskjeller i treningsrespons. Det kan diskuteres hvorvidt en gjennomsnittlig måling gir et godt svar på økningen ved så store forskjeller innad i gruppen.

### 5.6 Knebøy vs. benkpress

Et gjennomgående og interessant funn i denne artikkelen er at det er en generelt større relativ økning i 1RM og MAR i knebøy enn i benkpress. Dette er uavhengig av kjønn, treningsbakgrunn og belastning deltakerne trente med i løpet av intervensjonene. Ettersom vi daglig bruker muskulaturen i beina til mye av det vi foretar oss, ville det vært naturlig å anta at det, spesielt blant utrente, ville være en større relativ økning i 1RM og MAR i overkropp enn underkropp. Knebøyøvelsen blir direkte brukt når vi reiser og setter oss (Myers et al., 2014), noe som de aller fleste gjør mange ganger i løpet av en dag. Benkpressøvelsen kan ikke i like stor grad knyttes til daglig aktivitet, annet enn at bevegelsesmønsteret og de samme musklene blir brukt til å skyve eller dytte. På bakgrunn av treningsspesifisitet (Reilly et al., 2009), kunne det tenkes at det, spesielt blant utrente, ville være en større relativ økning i benkpress enn i knebøy. Samtidig kunne tilvenningsfasen til benkpressøvelsen ha skapt en fordelaktig påvirkning på utviklingen av 1RM og MAR, i forhold til knebøy (Sale, 1988). Om disse overnevnte faktorene har hatt en betydning i treningsforløpet, har de ikke vært avgjørende for resultatene.

Alle de inkluderte studiene er utført på unge kvinner og menn. Andre studier hvor deltakerne har vært eldre har vist varierende resultater mellom over- og underekstremiteter når det kommer til relativ endring i maksimal styrke. Ved trening med belastning på 8-12RM over 12 uker, kunne Abe et al. (2000) vise til at det ikke var noen forskjell i relativ økning i 1RM mellom under- og overekstremiteter hos menn. Kvinner hadde derimot en større relativ økning i overekstremitet enn underekstremitet i 1RM. Studien ble utført på unge og middelaldrende kvinner og menn. Sousa et al. (2011) viste til en større signifikant økning i overekstremitet enn underekstremitet hos eldre personer ved trening med en belastning på 50-

80% av 1RM over 14 uker.

Det er godt dokumentert at den absolutte maksimale styrken i underekstremiteter er større enn i overekstremiteter (Baker et al., 1994; Herrick et al., 1996; Schoenfeld et al., 2016; Stone & Coulter, 1994). Absolutt nedgang i maksimal muskelstyrke vil derfor ikke være lik for alle muskelgrupper (Clark et al., 2010). Studier har vist at nedgangen i styrke i albuefleksorer og -ekstensorer er mindre enn knefleksorer og -ekstensorer hos eldre (Hughes et al., 2001; Lynch et al., 1999). Denne nedgangen har blitt knyttet til bevegelsesproblematikk, som en følge av en mindre aktiv hverdag (Schlicht et al., 2001; Sousa & Sampaio, 2005).

Ettersom den absolutte styrken øker frem til 30-årsalderen og holder seg stabil til 40-50 årsalderen (Raastad et al., 2010), vil ikke denne nedgangen ha en påvirkning på resultatene i de inkluderte studiene. Det vil allikevel kunne tenkes at denne nedgangen, som kommer av normal aldringsprosess, vil være en faktor i de ulike relative økningene i over- og underekstremiteter blant unge og eldre personer. Flere studier har vist at personer på 60-101 år kan ha en økning i maksimal styrke på opptil 85%, gjennomsnittlig 30%, i en treningsperiode på 12 uker. Samtidig økte musklens tverrsnittsareal med 5-20% (Brown et al., 1990; Häkkinen et al., 1996; Hunter et al., 2000; Mihalko & McAuley, 1996; Staron et al., 1991). Dette tilsvarer en økning i relativ muskelstyrke og muskelmasse på nivå med yngre personer (Raastad et al., 2010).

Når nedgangen i knefleksorer og -ekstensorer er relativt større enn albuefleksorer og -ekstensorer blant eldre som en følge av mindre aktivitet, kan det tyde på at et treningsprogram med moderat og tung belastning i stor grad vil opprettholde den maksimale styrken i underekstremiteter, hvor den i større grad vil øke den maksimale styrken hos yngre individer.

En større andel av kroppens muskulatur befinner seg i underekstremitetene (Jansen et al., 2000). Samtidig er de fleste musklene i underekstremitetene lengre og normalt større enn i overekstremitetene (Candow & Chilibeck, 2005). En muskel med et stort tverrsnitt vil produsere større kraft enn en mindre muskel. Generelt vil hver  $\text{cm}^2$  tverrsnittsareal produsere 20-30 N. Altså vil en normal m. biceps brachii-muskel produsere en kraft på rundt 600 N med et tverrsnittsareal på  $20 \text{ cm}^2$ , mens en stor m. quadriceps på omkring  $100 \text{ cm}^2$  vil skape et drag på 3000 N når den er maksimalt aktivert og i sin optimale lengde (Raastad et al., 2010). Maksimal styrke er dermed større i underekstremitetene enn i overekstremitetene og fører til større absolutt styrke i knebøy enn i benkpress. På grunn av den store forskjellen i muskelstørrelse fra underkropp til overkropp kan det tenkes at potensialet for en relativ økning er større i underkropp. Dersom muskeltverrsnittet i m. biceps brachii og m. quadriceps

øker med 5%, hver vil dette tilsvare en økt kraft på henholdsvis 20-30 N og 100-150 N. Det betyr at selv om begge musklene har lik relativ økning i tverrsnitt, vil m. quadriceps potensielt ha fem ganger større økning i maksimal kraft enn m. biceps brachii. Dette er en viktig faktor ved den store forskjellen i utvikling mellom over- og underekstremiteter i løpet av en treningsperiode.

## 5.6 Menn vs. kvinner

Det er kjent at kvinner er svakere enn menn med samme treningsbakgrunn (Bishop, Cureton & Collins, 1987) og deres muskelstyrke tilsvarende vanligvis 40-75% av menns (Miyashita & Kanehisa, 1979). Den største faktoren for differansen i maksimal styrke mellom kjønn har vist seg å være muskelmassen (Mayhew et al., 2001; Miller et al., 1993). I tillegg til større muskelmasse blant menn, spiller fasikkellengden en viktig rolle ved maksimal kontraksjon mellom menn og kvinner (Blazevich & Giorgi, 2001; Kumagai et al., 2000). Lengre fasikler garanterer høyere sammentrekningshastighet gjennom et stort antall sarkomerer i parallell (Blazevich & Giorgi, 2001; Blazevich & Sharp, 2005). Lengre fasikler hos menn kan delvis forklare, sammen med muskelmasse, den signifikante forskjellen i muskelstyrke mellom kvinner og menn (Bartolomei et al., 2021).

Tidligere studier har vist at muskelstyrke hos kvinner er sammenlignbart med menns verdier når det er normalisert til muskelmasse (Hannah et al., 2012) og at den høyere absolute styrken hos menn hovedsakelig skyldes større muskelmasse (Ivey et al., 2000). Det er også vist at det ikke er noen forskjeller i endring i absolutt og relativ styrke hos menn og kvinner som har utført samme type styrketreningsprogram i underekstremiteten (Ivey et al., 2000; Galvão et al., 2006; Dorgo et al., 2012; Lemmer et al., 2000). Liknende resultater er funnet i Abe et al. (2000), på økning av 1RM i over- og underekstremiteter. Etter en treningsperiode på 10 uker, hvor kvinner og menn utførte samme treningsprogram, ble det ikke dokumentert noen signifikant forskjell mellom kjønn (Abe et al., 2000). Det er dokumentert at relativ økning i muskelhypertrofi ved høyintensitets styrketrening er lik for menn og kvinner (Cureton et al., 1988; O'Hagan et al., 1995), selv om den absolute økningen i muskeltverrsnitt har vært større for menn enn for kvinner (Abe et al., 2000).

Alle gruppene som involverte kvinnelige deltakere, gikk under kategorien «utrent» og de fleste gruppene som involverte menn var «trent» eller «godt trent». Dette gjorde det problematisk å sammenlikne kjønn i denne studien. Selv om menn normalt sett har større

muskelmasse, muskelstyrke og lengre ekstremiteter enn kvinner, er det altså vist tilnærmet lik relativ økning i styrke blant menn og kvinner (Abe et al., 2000; Ivey et al., 2000; Galão et al., 2006; Dorgo et al., 2012; Kojic, Mandic & Ilic, 2021). Dias et al. (2005) er et unntak fra dette, da deres resultater viste en større relativ økning i 1RM i knebøy og benkpress ved en belastning på 8-12RM. Til tross for denne ene studien, tilsier majoriteten av tidligere forskning at det ikke er noen forskjell i relativ endring mellom kvinner og menn. Det kan antas at den skjeve fordelingen i treningsbakgrunn blant kjønn i de inkluderte studiene ikke har hatt noen utslagsgivende faktorer på resultatet.

### 5.7 Diskusjon av metode

I flytskjemaet (Figur 4) skulle det normalt vært oppgitt hvor mange artikler som ble tatt med videre i prosessen og hvor mange som ble luket ut i hver fase. Dette ble dessverre ikke dokumentert fra starten av og gjorde det vanskelig å få bekreftet eksakt antall som ble inkludert og ekskludert. Søknadsprosessen ble allikevel gjort på samme måte som beskrevet i punkt 3.5.

I tabellene 4-14 (se vedlegg) er standardavviket tatt med i pre- og postresultatet. For oversiktens skyld og for å sammenlikne de inkluderte studiene, var det et poeng å presentere deltaverdiene i % og ikke i absolutte verdier. I og med at en ikke har tilgang til resultater på individnivå, er deltaverdiene beregnet ut ifra gjennomsnittsverdiene i de ulike studiene, og presenteres derfor uten standardavvik. En kan derfor ikke si noe om størrelsen på variasjonene på dataene for deltaverdier.

Enkelte studier arbeider med RM som er utenfor det som er definert for de ulike treningsmetodene. Grunnen til at de allikevel er tatt med er at den gjennomsnittlige belastningen i løpet av treningsperioden er innenfor definisjonene og at overskridelsen var på én repetisjon.

Det er tatt utgangspunkt i Holtenkurven (Figur 3) for å sammenlikne antall RM i forhold til %RM. Hoeger et al. (1990) undersøkte hvorvidt prosentandelen av 1RM stemte overens med antall repetisjoner utført i ulike styrkeøvelser i over- og underekstremiteter. Ut ifra resultatene fant de at antall repetisjoner ved en gitt prosent ikke er generaliserbart for alle øvelser. Trente og utrente menn og kvinner testet også svært ulikt i forhold til hverandre. Det betyr at det antakeligvis er noe avvik mellom de inkluderte studiene som opererte med antall RM og

%RM. Samtidig er belastningene for MS, TS og MU definert med et slingsmonn som gjør at avviket ikke er avgjørende for resultatene.

Optimalt sett skulle alle de inkluderte studiene hatt en tilvenningsfase til styrkeøvelsene før pretest og treningsperioden for å stille likt. Dette er på bakgrunn av at tilvenningen kan føre til en stor påvirkning på styrken fra pre- til posttest hos utrente personer som ikke er kjent med øvelsene (Chilibeck et al., 1998). Hyppig økning i styrke ved et tidlig stadium kan være på grunn av adaptasjoner i nervesystemet (Sale, 1988), og er sjelden påvirket av økt hypertrofi (Cureton et al., 1988; Narici, 1989; Staron et al., 1990). Dersom alle de inkluderte studiene hadde hatt en tilvenningsperiode før treningsperioden kunne utfallet av resultatdelen i denne studien sett annerledes ut.

Det skulle vært inkludert flere studier i MSG som testet pre og post i MAR i tillegg til 1RM. Grunnen er at det i ettertid ble funnet en artikkel som viste en større relativ økning i MAR ved MS enn ved TS (Schoenfeld et al., 2016). Dette ble ikke gjort, da det var mangel på krysstesting av 1RM og MAR i forhold til formålet med de ulike studiene. I oppstartsfasen av empirien av denne studien, var funnene av antall studier som utførte MS og som testet MAR, svært få. Etter hvert som resultatene ble ferdigstilt og diskusjonen av resultatene begynte, ble det funnet flere studier som svarte til disse kriteriene og hvor resultatene kunne vært interessante å diskutere.

For å få et mer representativt utvalg innenfor de ulike treningsbelastningene, hadde det vært ønskelig med noen flere treningsgrupper utført av kvinner i MS og TS. I tillegg hadde det vært fordelaktig med noen flere mannlige treningsgrupper innenfor MU. Etersom de fleste kvinnelige deltakerne var «utrente», og var klart flere enn menn blant de «trente» og «godt trente», ble det noe vanskelig å sammenlikne kjønnene. En eventuell endring som kunne blitt gjort, ville vært å inkludere studier som utførte brystpress og beinpress for å utlikne kjønnsbalansen blant gruppene med ulik treningsbakgrunn.

## 6.0 Konklusjon

Gjennomgående for alle treningsformer, uansett treningsbakgrunn og kjønn, er at det er en større relativ økning i knebøy enn i benkpress. Dette vil i stor grad ha en sammenheng med at muskulaturen i underkroppen er større og lengre enn i overkroppen, som fører til et større potensiale for kraftutvikling. Som forventet førte treningsperioder med MS til større relativ økning i 1RM enn ved TS og MU. I motsatt ende, førte en treningsperiode med MU til en større relativ økning i MAR enn ved MS og TS. Etersom kun én gruppe som utførte MS gjennomførte MAR, vil ikke denne regnes med. De store økningene i MUG i forhold til MSG og TSG kan i stor grad skyldes at de fleste deltakerne var «utrente» og dermed vil ha en større relativ økning i starten av et treningsprogram. Et mer representativt antall deltakere med ulik treningsbakgrunn blant de tre ulike treningsformene må ses nærmere på for å kunne fastslå denne teorien.



## 7.0 Kildehenvisning

1. Aagaard, P., Bennekou, M., Larsson, B., Andersen, J. L., Olesen J. L., Crameri, R., ... & Kjaer, M. (2007). Resistance training leads to altered muscle fiber type composition and enhanced long-term cycling performance in elite competitive cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, 39(5), 448-449. DOI: [10.1249/01.mss.0000274775.86832.3b](https://doi.org/10.1249/01.mss.0000274775.86832.3b)
2. Abe, T., DeHoyos, D. V., Pollock, M. L. & Garzarella, L. (2000). Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *Euro J Appl Physiol*, 81, 174-181. DOI: <https://doi.org/10.1007/s004210050027>
3. Akagi, R., Takai, Y., Ohta, M., Kanehisa, H., Kawakami, Y. & Fukunaga, T. (2009). Muscle volume compared to cross-sectional area is more appropriate for evaluating muscle strength in young and elderly individuals. *Age Ageing*, 38(5), 564-569. DOI: 10.1093/ageing/afp122
4. Anderson, T. & Kearney, J. T. (1982). Effect of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 53, 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1080/02701367.1982.10605218>
5. Amann, M., Blain, G.M., Proctor, L.T., Sebranek, J.J., Pegelow, D.F. & Dempsey, J.A. (2011). Implications of group III and IV muscle afferents for high-intensity endurance exercise performance in humans. *The Journal of Physiology*, 589(21), 5299-5309. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.213769>
6. Athiainen, J. P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. (2005). Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. *J Strength Cond Res*, 19(3), 572-582. DOI: 10.1519/15604.1
7. Aube, D., Wadhi, T., Rauch J., Anand, A., Barakat, C., Pearson, J., ... & De Souza, E. O. (2020). Progressive resistance training volume: Effects on muscle thickness, mass, and strength adaptations in resistance-trained individuals. *J Strength Cond Res.*, 36(3), 600-607. DOI: 10.1519/JSC.00000000000003524
8. Baker, D. (2001). Comparison of upper-body strength and power between professional and college-aged rugby league players. *J Strength Cond Res*, 15(1), 30-35. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11708703/>
9. Baker, D., Wilson, G. & Carlyon, R. (1994). Periodization: The effect on strength of manipulating volume and intensity. *J Strength Cond Res*, 8(4), 235-242. Hentet fra

[https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1994/11000/periodization\\_the\\_effect\\_on\\_strength\\_of.6.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1994/11000/periodization_the_effect_on_strength_of.6.aspx)

10. 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), 1307-1313. DOI: 10.1097/00005768-200007000-00019
11. Bandy, W. D., Lovelace-Chandler, V. & McKittrick-Bandy, B. (1990). Adaptation of skeletal muscle to resistance training. *J Orthop Sports Phys Ther*, 12(6), 248-255. DOI: 10.2519/jospt.1990.12.6.248
12. Barjaste, A. & Mirzaei, B. (2017). The periodization of resistance training in soccer players: changes in maximal strength, lower extremity power, body composition and muscle mass. *J Sport Med Phys Fitness*, 58(9), 1218-1225. DOI: 10.23736/S0022-4707.17.07129-8
13. Bartolomei, S., Grillone, G., Di Michele, R. & Cortesi, M. (2021). A Comparison between Male and Female Athletes in Relative Strength and Power Performances. *J Funct Morphol Kinesiol*, 6(1), 17. DOI: 10.3390/jfmk6010017
14. Beaton, L. J., Tarnopolsky, M. A. & Phillips, S. M. (2002). Contraction-induced muscle damage in humans following calcium channel blocker administration. *J Physiol*, 544(3), 849-859. DOI: [10.1113/jphysiol.2002.022350](https://doi.org/10.1113/jphysiol.2002.022350)
15. Behm, D. G. & Sale, D. G. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Medicine*, 15, 374-388. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-199315060-00003>
16. Behm, D. G. (1995). Neuromuscular implications and applications of resistance training. *J Strength Cond Res*, 9(4), 264-274.  
[https://www.academia.edu/22696459/Neuromuscular\\_Implications\\_and\\_Applications\\_of\\_Resistance\\_Training](https://www.academia.edu/22696459/Neuromuscular_Implications_and_Applications_of_Resistance_Training)
17. Berger, R. A. (1962). Optimum repetitions for the development of strength. *Research Quarterly*, 33(3). DOI: <https://doi.org/10.1080/10671188.1962.10616460>
18. Bergh, U., Thorstensson, A., Sjödin, B., Hulten, B., Piehl, K. & Karlsson, J. (1978). Maximal oxygen uptake and muscle fiber types in trained and untrained humans. *Med Sci Sports.*, 10(3), 151-154. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/723502/>
19. Bishop, P., Cureton, K. & Collins, M. (1987). Sex difference in muscular strength in equally-trained men and women. *Ergonomics*, 30(4), 675-687. DOI: 10.1080/00140138708969760

20. Blaxter, L., Hughes, C. & Tight, M. (2010). *How to research*. Berkshire: Open University Press.
21. Blazevich, A. J. & Giorgi, A. (2001). Effect of testosterone administration and weight training on muscle architecture. *Med Sci Sports Exerc*, 33(10), 1688-1693. DOI: 10.1097/00005768-200110000-00012
22. Blazevich, A. J. & Sharp, N. C. C. (2005). Understanding muscle architectural adaptation: Macro-and micro-level research. *Cells Tissues Organs*, 181(1), 1-10. DOI: 10.1159/000089964
23. Blazevich, A. J., Gill, N. D., Deans, N. & Zhou, S. (2007). Lack of human muscle architectural adaptation after short-term strength training. *Muscle Nerve*, 35(1), 78-86. DOI: 10.1002/mus.20666
24. Boyas, S. & Guével, A. (2011). Neuromuscular fatigue in healthy muscle: Underlying factors and adaption mechanisms. *Annals of Physical and Rehabilitational Medicine*, 54, 88-108. doi: 10.1016/j.rehab.2011.01.001
25. Brown, A. B., McCartney, N. & Sale, D. G. (1990). Positive adaptations to weight-lifting training in the elderly. *J Appl Physiol*, 69(5), 1725-1733. DOI: 10.1152/jappl.1990.69.5.1725
26. Bruce, S. A., Phillips, S. K. & Woledge, R. C. (1997). Interpreting the relation between force and cross-sectional area in human muscle. *Med Sci Sports Exerc*, 29(5), 677-683. DOI: 10.1097/00005768-199705000-00014
27. Campos, G. E. R., 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
28. Candow, D. G. & Burke, D. G. (2007). Effect of short-term equal-volume resistance training with different workout frequency on the muscle mass and strength in untrained men and women. *J Strength Cond Res*, 21(1), 204-207. DOI: 10.1519/00124278-200702000-00037
29. Candow, D. G. & Chilibeck, P. D. (2005). Differences in size, strength, and power of upper and lower body muscle groups in young and older men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 60(2), 148-156. DOI: 10.1093/gerona/60.2.148
30. Chilibeck, P. D., Calder, A. W., Sale, D. G. & Webber, C. E. (1998). A comparison of strength and muscle mass increases during resistance training in young women. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 77(1-2), 170-175. DOI: 10.1007/s004210050316

31. Cholewa, J. M., Rossi, F. E., MacDonald, C., Hewins, A., Gallo, S., Micenski, A., ... & Campbell, B. I. (2017). The effects of moderate- versus high-load resistance training on muscle growth, body composition, and performance in collegiate women. *J Strength Cond Res*, 32(6), 1511-1524. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002048
32. Clamann, H. P. & Schelhorn, T. B. (1988). Nonlinear force addition of newly recruited motor units in the cat hindlimb. *Muscle Nerve*, 11(10), 1079-1089.  
DOI: [10.1002/mus.880111012](https://doi.org/10.1002/mus.880111012)
33. Clark, D. J., Patten, C., Reid, K. F., Carabello, R. J., Phillips, E. M. & Fielding, R. A. (2010). Impaired voluntary neuromuscular activation limits muscle power in mobility-limited older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 65(5), 495-502. DOI: 10.1093/gerona/gdq012
34. Clarke, D. H. & Irving, R. N. (1960). Objective Determination of Resistance Load for Ten Repetitions Maximum for Knee Flexion Exercise. *Research Quarterly*, 31(2), 131-135. <https://doi.org/10.1080/10671188.1960.10613087>
35. Coffey, V. G. & Hawley, J. A. (2007). The molecular bases of training adaptation. *Sports Medicine*, 37(9), 737-763. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-200737090-00001>
36. Conwit, R. A., Stashuk, D., Tracy, B., McHugh, M., Brown, W. F. & Metter, E. J. (1999). The relationship of motor unit size, firing rate and force. *Clinical Neurophysiology*, 110(7), 1270-1275. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(99\)00054-1](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(99)00054-1)
37. Cooke, J. D. & Brown, S. H. (1990). Movement related phasic muscle activation. II. Generation and functional role of the triphasic pattern. *J Neurophysiol*, 63(3), 465-472. DOI: 10.1152/jn.1990.63.3.465
38. Cordo, P. J., Bell, C. C. & Harnad, S. (1997). *Motor Learning and Synaptic Plasticity in the Cerebellum*. Cambridge: Press Syndicate of the University of Cambridge.
39. Costill, D. L., Daniels, J., Evans, W., Fink, W., Krahenbuhl, G. & Saltin, B. (1976). Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes. *J Appl Physiol.*, 40(2), 149-154. DOI: 10.1152/jappl.1976.40.2.149
40. Cureton, K. J., Collins, M. A., Hill D. W. & McElhannon, F. M. (1988). Muscle hypertrophy in men and women. *Med Sci Sports Exerc*, 20(4), 338-344. DOI: 10.1249/00005768-198808000-00003
41. Damas, F., Phillips, S., Vechin, F. C. & Ugrinowitsch, C. (2015). A review of resistance training-induced changes in skeletal muscle protein synthesis and their contribution to hypertrophy. *Sports Med*, 45(1), 801-807. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0320-0>

42. Damas, F., Phillips, S. M., Lixandrão, M. E., Vechin, F. C., Libardi, C. A., Roschel, H., ... & Ugrinowitsch, C. (2016a). Early resistance training-induced increases in muscle cross-sectional area are concomitant with edema-induced muscle swelling. *Eur J Appl Physiol*, *116*(1), 49-56. DOI: 10.1007/s00421-015-3243-4
43. Damas, F., Phillips, S. M., Libardi, C. A., Vechin, F. C., Lixandrão, M. E., Jannig, P. R., Costa, L. A. R., ... & Ugrinowitsch, C. (2016b). Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. *J Physiol*, *594*(18), 5209-5222. DOI: <https://doi.org/10.1113/JP272472>
44. Damas, F., Libardi, C. A. & Ugrinowitsch, C. (2018). The development of skeletal muscle hypertrophy through resistance training: the role of muscle damage and muscle protein synthesis. *Eur J Appl Physiol*, *118*, 485-500. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3792-9>
45. deLuca, C. J., Foley, P. J. & Erim, Z. (1996). Motor unit control properties in constant-force isometric contractions. *J Neurophysiol*, *76*(3), 1503-1516. DOI: 10.1152/jn.1996.76.3.1503
46. Dhand, U. K. (2014). Motor unit potential. I M. J. Arminoff & R. B. Daroff (Red.), *Encyclopedia of the Neurological Sciences*, (4. utg., 117-119). Amsterdam: Elsevier Ltd.
47. di Prampero, P. E. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *Eur J Appl Physiol*, *90*(3-4). DOI: 10.1007/s00421-003-0926-z
48. Dias, R. M. R., Cyrino, E. S., Salvador, E. P., Nakamura, F. Y., Pina, F. L. C. & de Oliveira, A. R. (2005). Impact of an eight-week weight training program on muscular strength of men and women. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, *11*(4), 213-216. Hentet fra [https://www.researchgate.net/publication/235665868\\_Impact\\_of\\_an\\_eight-week\\_weight\\_training\\_program\\_on\\_the\\_muscular\\_strength\\_of\\_men\\_and\\_women](https://www.researchgate.net/publication/235665868_Impact_of_an_eight-week_weight_training_program_on_the_muscular_strength_of_men_and_women)
49. Dorgo, S., Edupuganti, P., Smith, D. R., Ortiz, M. (2012). Comparison of lower body specific resistance training on the hamstring to quadriceps strength ratios in men and women. *Res Q Exerc Sport*, *83*(2), 143-151. Hentet fra <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02701367.2012.10599844>
50. Dorrell, H. F., Smith, M. F. & Gee, T. I. (2020). Comparison of velocity-based and traditional percentage-based loading methods on maximal strength and power adaptations. *J Strength Cond Res*, *34*(1), 46-53. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003089

51. Enoksen, E. & Tønnessen, E. (2007). Testing av styrke, spenst og hurtighet. I E. Enoksen, E. Tønnessen & L. I. Tjelta. *Styrketrening – i individuelle idretter og ballspill* (s. 33-80). Kristiansand: Høyskoleforlaget.
52. Escamilla, R. F. (2001). Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33(1), 127-141.  
<http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=ovfte&NEWS=N&AN=00005768-200101000-00020>
53. Folland, J. P. & Williams, A. G. (2007). Morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine*, 37, 145-168. DOI:  
<https://doi.org/10.2165/00007256-200737020-00004>
54. Frontera, W. R., Meredith, C. N., O'Reilly, K. P., Knuttgen, H. G. & Evans, W. J. (1988). Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol*, 64(3), 1038-1044. DOI: 10.1152/jappl.1988.64.3.1038
55. 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*, 71(2), 644-50. DOI: 10.1152/jappl.1991.71.2.644
56. Froyd, C., Millet, G.Y. & Noakes, T.D. (2013). The development of peripheral fatigue and short-term recovery during self-paced high-intensity exercise. *The Journal of Physiology*, 591(5), 1339-1346. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.245316>
57. Galvão, D. A., Nosaka, K., Taaffe, D., Spry, N., Kristjanson, L. J., McGuigan, M. R., ... Newton, R. U. (2006). Resistance training and reduction of treatment side effects in prostate cancer patients. *Med Sci Sports Exerc*, 38(12), 2045-2052. DOI: 10.1249/01.mss.0000233803.48691.8b
58. Gandevia, S.C. (2001). Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. *Physiological Reviews*, 81(4), 1725-1789. DOI:  
<https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.4.1725>
59. Garland, S. J. & Gossen, E. R. (2002). The muscular wisdom hypothesis in human muscle fatigue. *Exerc Sport Sci Rev*, 30(1), 45-49. DOI: 10.1097/00003677-200201000-00009
60. Gibala, M. J., Interisano, S. A., Tarnopolsky, M. A., Roy, B. D., MacDonald, J. E., Yarasheski, K. E. & MacDougall, J. D. (2000). Myofibrillar disruption following acute concentric and eccentric resistance exercise in strength-trained men. *Can J Physiol Pharmacol*, 78(8), 656-661. Hentet fra <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10958167/>
61. Girard, O., Lattier, G., Maffiuletti, N.A., Micallef, J.-P. & Millet, G.P. (2008). Neuromuscular fatigue during a prolonged intermittent exercise: Application to tennis.

- Journal of Electromyography and Kinesiology, 18(6), 1038-1046. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.05.005>
62. Gjerset, A. (Red.). (2015). *Idrettens treningslære*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.
  63. Gordon, J & Ghez, C. (1984). EMG patterns in antagonist muscles during isometric contractions in man: relation to response dynamics. *Exp Brain Res*, 55(1), 167-171. DOI: 10.1007/BF00240511
  64. Gordon, B. R., McDowell, C. P., Lyons, M. & Herring, M. P. (2017). The effects of resistance exercise training on anxiety: A meta-analysis and meta-regression analysis of randomized controlled trials. *Sports Medicine*, 47(12), 2521-2532. DOI: 10.1007/s40279-017-0769-0
  65. Grgic, J., Lazineca, B., Schoenfeld, B. J. & Pedisic, Z. (2020). Test-retest reliability of the one-repetition-maximum (1RM) strength assessment: A systematic review. *Sports Medicine*, 6(31). DOI: <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00260-z>
  66. Häkkinen, K. (1985a). Factors influencing trainability of muscular strength during short term and prolonged training. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 7(2), 32-37. Hentet fra [https://journals.lww.com/nsca-scj/citation/1985/04000/research\\_overview\\_factors\\_influencing.8.aspx](https://journals.lww.com/nsca-scj/citation/1985/04000/research_overview_factors_influencing.8.aspx)
  67. Häkkinen, K., Alén, M. & Komi, P. V. (1985b). Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scand*, 125(4), 573-584. DOI: 10.1111/j.1748-1716.1985.tb07760.x
  68. Häkkinen, K. (1989). Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. A review. *J Sports Med Phys Fitness*, 29(1), 9-26. Hentet fra <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2671501/>
  69. Häkkinen, K., Kraemer, W. J., Kallinen, M., Linnamo, V., Pastinen, U.-M. & Newton, R. U. (1996). Bilateral and Unilateral Neuromuscular Function and Muscle Cross-Sectional Area in Middle-Aged and Elderly Men and Women. *J Gerontol*, 51(1), 21-29. DOI: <https://doi.org/10.1093/gerona/51A.1.B21>
  70. Hannaford, B. & Stark, L. (1985). Roles of the elements of the triphasic control signal. *Exp Neurol*, 90(3), 619-634. DOI: [https://doi.org/10.1016/0014-4886\(85\)90160-8](https://doi.org/10.1016/0014-4886(85)90160-8)
  71. Hannah, R., Minshull, C., Buckthorpe, M. W. & Follan, J. P. (2012). Explosive neuromuscular performance of males versus females. Explosive neuromuscular performance of males *versus* females. *Exp Physiol*, 97(5), 618-629. DOI: <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2011.063420>

72. 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, 1565-1573. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2586-y>
73. Helse Norge. (2022, 9. mai). Anbefalinger om fysisk aktivitet til voksne og eldre. Hentet fra <https://www.helsenorge.no/trening-og-fysisk-aktivitet/rad-om-fysisk-aktivitet/>
74. Henneman, E. (1957). Relation between size of neurons and their susceptibility to discharge. *Science*, 126(3287), 1345-1347. DOI: 10.1126/science.126.3287.1345
75. Henneman, E., Somjen, G. & Carpenter, D. O. (1965). Excitability and inhibibility of motoneurons of different sizes. *J Neuophysiol*, 28(3), 599-620. DOI: 10.1152/jn.1965.28.3.599
76. Hermassi, S., Chelly, M. S., Tabka, Z., Shephard, R. J. & Chamari, K. (2011). Effect of 8-week in-season upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity, and sprint performance of elite male handball players. *J Strength Cond Res.*, 25(9), 2424-2433. Hentet fra [https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2011/09000/Effects\\_of\\_8\\_Week\\_in\\_Season\\_Upper\\_and\\_Lower\\_Limb.10.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2011/09000/Effects_of_8_Week_in_Season_Upper_and_Lower_Limb.10.aspx)
77. Herrick, A. B. & Stone, W. J. (1996). The effects of periodization versus progressive resistance exercise on upper and lower body strength in women. *J Strength Cond Res*, 10(2), 72-76. Hentet fra [https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1996/05000/the\\_effects\\_of\\_periodization\\_versus\\_progressive.2.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1996/05000/the_effects_of_periodization_versus_progressive.2.aspx)
78. Hoeger, W. W. K., Hopkins, D. R., Barette, S. L. & Hale, D. F. (1990). Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: A comparison between untrained and trained males and females. *Journal of Applied Sport Science Research*, 4(2), 47-54. Hentet fra [https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1990/05000/relationship\\_between\\_repetitions\\_and\\_selected.4.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1990/05000/relationship_between_repetitions_and_selected.4.aspx)
79. Holloszy, J. O. (1973). Biochemical adaptations to exercise; Aerobic metabolism. *Exerc Sport Sci Rev*, 1(1), 45-72. Hentet fra [https://journals.lww.com/acsm-essr/citation/1973/00010/biochemical\\_adaptations\\_to\\_exercise\\_aerobic.6.aspx](https://journals.lww.com/acsm-essr/citation/1973/00010/biochemical_adaptations_to_exercise_aerobic.6.aspx)
80. Holloszy, J. O. & Booth, F. W. (1976). Biochemical adaptations to endurance exercise in muscle. *Annu Rev Physiol*, 38, 273-291. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ph.38.030176.001421>



81. Hryvniak, D., Wilder, R. P., Jenkins, J. & Statuta, S. M. (2021). Therapeutic Exercise. I D. X. Cifu (Red.), *Braddom's Physical Medicine and Rehabilitation*, (6. utg., s. 291-315). Amsterdam: Elsevier – Health Sciences Div.
82. Hughes, V. A., Frontera, W. R., Wood, M., Evans, W. J., Dallal, G. E., Roubenoff, R. & Fiatarone Singh, M. A. (2001). Longitudinal Muscle Strength Changes In Older Adults: Influence Of Muscle Mass, Physical Activity, And Health. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 56(5), 209-217. DOI: 10.1093/gerona/56.5.b209
83. Hughes, D. C., Ellefsen, S. & Baar, K. (2018). Adaptations to Endurance and Strength training. *Cold Spring Harb Perspect Med*, 8(6). DOI: [10.1101/cshperspect.a029769](https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029769)
84. Hunter, G. R., Wetzstein, C. J., Fields, D. A., Brown, A. & Bamman, A. A. (2000). Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults. *J Appl Physiol*, 89(3), 977-984. DOI: 10.1152/jappl.2000.89.3.977
85. Ibanez, J., Izquierdo, M., Argüelles, I., Forga, L., Larrión, J. L., Garcia-Unciti, M., ... & Gorostiaga, E. M. (2005). Twice-weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves insulin sensitivity in older men with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 28(3), 662-667. DOI: <https://doi.org/10.2337/diacare.28.3.662>
86. Ivey, F. M., Roth, S. M., Ferrell, R. E., Tracy, B. L., Lemmer, J. T, Hurlbut, D. E., ... & Hurley, B. F. (2000). Effects of age, gender, and myostatin genotype on the hypertrophic response to heavy resistance strength training. *The Journal of Gerontology*, 55(11), 641-648. DOI: <https://doi.org/10.1093/gerona/55.11.M641>
87. 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*, 89(1), 81-88. DOI: 10.1152/jappl.2000.89.1.81
88. Jenkins, N. D. M., Miramonti, A. A., Hill, E. C., Smith, C. M., Cochrane-Snyman, K. C., Housh, T. J. & Cramer, J. T. (2017). Greater neural adaptations following high- vs. low-load resistance training. *Front Physiol*, 8, 1-15. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00331>
89. Karst, G. M. & Hasan, Z. (1987). Antagonist muscle activity during forearm movements under varying kinematic and loading conditions. *Exp Brain Res*, 67(2), 391-401. DOI: 10.1007/BF00248559
90. Kikuchi, N. & Nakazato, K. (2017). Low-load bench press and push-up induce similar muscle hypertrophy and strength gain. *J Exerc Sci Fit*, 15(1), 37-42. DOI: 10.1016/j.jesf.2017.06.003

91. Koelewijn, A. D. & Van Den Bogert, A. J. (2022). Antagonistic co-contraction can minimize muscular effort in systems with uncertainty. *PeerJ*,
92. Kojic, F., Mandic, D. & Ilic, V. (2021). Resistance training induces similar adaptations of upper and lower-body muscles between sexes. *Sci Rep*, *11*(1). DOI: [10.1038/s41598-021-02867-y](https://doi.org/10.1038/s41598-021-02867-y)
93. 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*, *69*(4), 1442-1450. DOI: 10.1152/jappl.1990.69.4.1442
94. 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), 228-235. DOI: 10.1055/s-2007-1024673
95. Kraemer, W. J. (1997). A series of studies – The physiological basis for strength training in American football: Fact over philosophy. *J Strength Cond Res*, *11*(3), 131-142. Hentet fra [https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1997/08000/a\\_series\\_of\\_studies\\_the\\_physiological\\_basis\\_for.1.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1997/08000/a_series_of_studies_the_physiological_basis_for.1.aspx)
96. Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. (2000). *Strength Training for Sport*. Oxford: Blackwell Science Ltd.
97. Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., Fry, A. C., Triplett-McBride, T., Koziris, L. P., Bauer, J. A., ... & Fleck, S. J. (2000). Influence of resistance training volume and periodization on physiological and performance adaptations in collegiate women tennis players. *Am J Sports Med*, *28*(5), 626-633. DOI: 10.1177/03635465000280050201
98. Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S., ... & Triplett-McBride, T. (2002). Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, *34*(2), 364-380. Hentet fra [https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2002/02000/Progression\\_Models\\_in\\_Resistance\\_Training\\_for.27.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2002/02000/Progression_Models_in_Resistance_Training_for.27.aspx)
99. Kraemer, W. J. & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc*, *36*(4), 674-688. DOI: 10.1249/01.MSS.0000121945.36635.61
100. Krieger, J. W. (2010). Single vs. Multiple Sets of Resistance Exercise for Muscle Hypertrophy: A Meta-Analysis. *J Strength Cond Res*, *24*(4), 1150-1159. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181d4d436
101. Kukulka, C. G. & Clamann, H. P. (1981). Comparison of the recruitment and discharge properties of motor units in human brachial biceps and adductor pollicis during

- isometric contraction. *Brain Res*, 219(1), 45-55. DOI: [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(81\)90266-3](https://doi.org/10.1016/0006-8993(81)90266-3)
102. Kumagai, K., Abe, T., Brechue, W. F., Ryushi, T., Takano, S. & Mizuno, M. (2000). Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *J Appl Physiol*, 88(3), 811-816. DOI: 10.1152/jappl.2000.88.3.811
  103. Kushner, A. M., Brent, J. L., Schoenfeld, B. J., Hugentobler, J., Lloyd, R. S., Vermeil, A., ... Myer, G. D. (2015). The back squat part 2: Targeted training techniques to correct functional deficits and technical factors that limit performance. *Strength Cond J*, 37(2), 13-60. DOI: [10.1519/SSC.0000000000000130](https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000130)
  104. Lasevicius, T., Schoenfeld, B. J., Silva-Batista, C., de Souza Barros, T., Aihara, Y. A., Brendon, H., ... & Teixeira, E. M. (2022). Muscle Failure Promotes Greater Muscle Hypertrophy in Low-Load but Not in High-Load Resistance Training. *J Strength Cond Res*, 36(2), 346-351. DOI: 10.1519/JSC.00000000000003454
  105. Lauritzen, F., Paulsen, G., Raastad, T., Bergersen, L. H. & Owe, S. G. (2009). Gross ultrastructural changes and necrotic fiber segments in elbow flexor muscles after maximal voluntary eccentric action in humans. *J Appl Physiol*, 107(6), 1923-1934. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00148.2009>
  106. Lemmer, J. T., Hurlbut, D. E., Martel, G. F., Tracy, B. L., Ivey, F. M., Metter, E. J. ... & Hurley, B. F. (2000). Age and gender responses to strength training and detraining. *Med Sci Sports Exerc.*, 32(8), 1505-1512. DOI: 10.1097/00005768-200008000-00021
  107. Lestienne, F. (1979). Effects of inertial load and velocity on the braking process of voluntary limb movements. *Exp Brain Res*, 35(3), 407-418. DOI: 10.1007/BF00236760
  108. Lieber, R. L. & Fridén, J. (2000). Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle & Nerve*, 23(11), 1647-1666. DOI: [https://doi.org/10.1002/1097-4598\(200011\)23:11<1647::AID-MUS1>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/1097-4598(200011)23:11<1647::AID-MUS1>3.0.CO;2-M)
  109. Lind, A. R. & Petrofsky, J. S. (1978). Isometric tension from rotary stimulation of fast and slow cat muscles. *Muscle Nerve*, 1(3), 213-218. DOI: 10.1002/mus.880010306
  110. Lorenz, D. S., Reiman, M. P. & Walker, J. C. (2010). Periodization: Current review and suggested implementation for athletic rehabilitation. *Sports Health a Multidisciplinary Approach*, 2(6), 509-518. DOI: [10.1177/1941738110375910](https://doi.org/10.1177/1941738110375910)
  111. Lynch, N. A., Metter, E. J., Lindle, R. S., Fozard, J. L., Tobin, J. D., Roy, T. A., ... & Hurley, B. F. (1999). Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *J Appl Physiol.*, 86(1), 188-194. DOI: 10.1152/jappl.1999.86.1.188

112. Mansfield, P. J. & Neumann, D. A. (2019). *Essentials of Kinesiology for the Physical Therapist Assistant*. Amsterdam: Elsevier.
113. Marsden, C. D., Meadows, J. C. & Merton, P. A. (1983a). «Muscular wisdom» that minimized fatigue during prolonged effort in man: peak rates of motoneuron discharge and slowing of discharge during fatigue. *Adv Neurol*, 39, 169-211. Hentet fra <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6229158/>
114. Marsden C. D., Obeso, J. A. & Rothwell, J. C. (1983b). The function of the antagonist muscle during fast limb movements in man. *J Physiol*, 335, 1-13. DOI: 10.1113/jphysiol.1983.sp014514
115. Marshall, P. W. M., McEwen, M. & Robbins, D. W. (2011). Strength and neuromuscular adaptation following one, four, and eight sets of high intensity resistance exercise in trained males. *Eur J Appl Physiol*, 111(12), 3007-3016. DOI: 10.1007/s00421-011-1944-x
116. Matsunaga, S., Inashima, S., Tsuchimochi, H., Yamada, T., Hazama, T. & Wada, M. (2002). Altered sarcoplasmic reticulum in rat diaphragm after high-intensity exercise. *Acta Physiol Scand.*, 176(3), 227-232. DOI: 10.1046/j.1365-201X.2002.01029.x
117. Mayhew, J. L., Hancock, K., Rollison, L., Ball, T. E. & Bowen, J. C. (2001). Contributions of strength and body composition to the gender difference in anaerobic power. *J Sports Med Phys Fitness*, 41(1), 33-38. Hentet fra <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11317145/>
118. McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. (2007). *Exercise Physiology*. Maryland: Lippincott Williams & Wilkins.
119. McArdle, W. D., Katch, F. & Katch, V. (2015). *Exercise Physiology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
120. McCafferty, W. B. & Horvath, S. M. (1977). Specificity of exercise and specificity of training: A subcellular review. *Res Q Exerc Sport*, 48(2), 358-371. DOI: <https://doi.org/10.1080/10671315.1977.10615433>
121. McDougall, J. D., Gibala, M. J., Tarnopolsky, M. A., MacDonald, J. R., Interisano, S. A. & Yarasheski, K. E. (1995). The time course for elevated muscle protein synthesis following heavy resistance training. *Can J Appl Physiol*, 20(4), 480-486. DOI: 10.1139/h95-038
122. Mihalko, S. L. & McAuley, E. (1996). Strength Training Effects on Subjective Well-Being and Physical Function in the Elderly. *J Aging & Physical Activity*, 4(1), 56-68. DOI: <https://doi.org/10.1123/japa.4.1.56>

123. Miller, R. G., Mirka, A. & Maxfield, M. (1981). Rate of tension development in isometric contractions of a human hand muscle. *Experimental Neurology*, 73(1), 267-285. DOI: [https://doi.org/10.1016/0014-4886\(81\)90061-3](https://doi.org/10.1016/0014-4886(81)90061-3)
124. Miller, A. E. J., MacDougall, J. D., Tarnopolsky, M. A. & Sale, D. G. (1993). Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 66, 254-262. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00235103>
125. Miller, R. M., Freitas, E. D., ... & Bembem, M. G. (2018). Maximal power production as a function of sex and training status. *Biol Sport*, 36(1), 31-37. DOI: [10.5114/biolsport.2018.78904](https://doi.org/10.5114/biolsport.2018.78904)
126. Milner-Brown, H. S., Stein, R. B. & Yemm, R. (1972). Mechanisms for increased force during during voluntary cotractions. *J Physiol*, 226(2), 18-19. Hentet fra <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5085318/>
127. Milner-Brown, H. S., Stein, R. B. & Yemm, R. (1973a). Changes in firing rate of human motor units during linearly changing voluntary contractions. *J Physiol.*, 230(2), 371-390. DOI: 10.1113/jphysiol.1973.sp010193
128. Milner-Brown, H. S., Stein, R. B. & Yemm, R. (1973b). The orderly recruitment of human motor units during voluntary isometric contractions. *J Physiol.*, 230(2), 359-370. DOI: 10.1113/jphysiol.1973.sp010192
129. Milner-Brown, H. S., Stein, R. B. & Lee, R. G. (1975). Synchronization of human motor units: possible roles of exercise and supraaspinal reflexes. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 38(3), 245-254. DOI: 10.1016/0013-4694(75)90245-x
130. Miyashita, M. & Kanehisa, H. (1979). Dynamic Peak Torque Related to Age, Sex, and Performance. *Res Q*, 50(2), 249-255. DOI: <https://doi.org/10.1080/10671315.1979.10615607>
131. Morton, R. W., Colenso-Semple, L. & Phillips, S. M. (2019). Training for strength an hypertrophy: evidence-based approach. *Current Opinion in Physiology*, 10, 90-95. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2019.04.006>
132. Moss, B. M., Refsnes, P. E., Abildgaard, A., Nicolaysen, K. & Jensen, J. (1997). Effects of maximal effort strength trianing with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *Eur J Appl Occup Physiol*, 75(3), 193-199. DOI: 10.1007/s004210050147
133. Mustard, B. E. & Lee, R. G. (1987). Relationship between EMG patterns and kinematic properties for flexion movements for flexion movements at the human wrist. *Exp Brain Res*, 66(2), 247-256. DOI: 10.1007/BF00243302

134. Myer, G. D., Kushner, A. M., Brent, J. L., Schoenfeld, B. J., Hugentobler, J., Lloyd, R. S., ... McGill, S. M. (2014). The back squat: A proposed assessment of functional deficits and technical factors that limit performance. *Strength Cond J.*, 36(6), 4-27. DOI: [10.1519/SSC.0000000000000103](https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000103)
135. Narici, M. V., Roi, G. S., Landoni, L., Minetti, A. E. & Cerretelli, P. (1989). Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 59(4), 310-319. DOI: [10.1007/BF02388334](https://doi.org/10.1007/BF02388334)
136. Newton, M. J., Morgan, G. T., Sacco, P., Chapman, D. W. & Nosaka, K. (2008). Comparison of responses to strenuous eccentric exercise of the elbow flexors between resistance-trained and untrained men. *J Strength Cond Res*, 22(2), 597-607. DOI: [10.1519/JSC.0b013e3181660003](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181660003)
137. Olsson, H. & Sørensen, S. (2009). *Forskningsprosessen – Kvalitative og kvantitative perspektiver*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
138. O'Hagan, F. T., Sale, D. G., MacDougall, J. D. & Garner, S. H. (1995). Response to resistance training in young women and men. *Int J Sports Med*, 16(5), 314-321. DOI: [10.1055/s-2007-973012](https://doi.org/10.1055/s-2007-973012)
139. O'Shea, P. (1966). Effect of selected weight training programs on the development of strength and muscle hypertrophy. *Research Quarterly*, 37, 95-102. DOI: <https://doi.org/10.1080/10671188.1966.10614741>
140. Osternig, L. R., Hamill, J., Corcos, D. M. & Lander, J. (1984). Electromyographic patterns accompanying isokinetic exercise under varying speed and sequencing conditions. *Am J Phys Med*, 63(6), 289-297. Hentet fra <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6507602/>
141. Ostrowski, K. J., Wilson, G. J., Weatherby, R., Murphy, P. W. & Lyttle, A. D. (1997). The Effect of Weight Training Volume on Hormonal Output and Muscular Size and Function. *J Strength Cond Res*, 11(3), 148-154. Hentet fra [https://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/1997/08000/The\\_Effect\\_of\\_Weight\\_Training\\_Volume\\_on\\_Hormonal.3](https://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/1997/08000/The_Effect_of_Weight_Training_Volume_on_Hormonal.3)
142. Paulsen, G., Mikkelsen, U. R., Raastad, T. & Peake, J. T. (2012). Leucocytes, cytokines and satellite cells: what role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise?. *Exerc Immunol Rev*, 18, 42-97. Hentet fra <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22876722/>

143. Peterson, M. D., Rhea, M. R. & Alvar, B. A. (2004). Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship. *J Strength Cond Res*, 18(2), 377-382. DOI: 10.1519/R-12842.1
144. Peterson, M. D., Rhea, M. R. & Alvar, B. A. (2005). Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of a meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *J Strength Cond Res*, 19(4), 950-958. DOI: 10.1519/R-16874.1
145. Phillips, S. M., Tipton, K. D., Aarsland, A., Wolf, S. E. & Wolfe, R. R. (1997). Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am J Physiol*, 273(1), E99-107. DOI: 10.1152/ajpendo.1997.273.1.E99
146. Phillips, S. M., Tipton, K. D., Ferrando, A. A. & Wolfe, R. R. (1999). Resistance training reduces the acute exercise-induced increase in muscle protein turnover. *Am J Physiol*, 276(1), E118-124. DOI: 10.1152/ajpendo.1999.276.1.E118
147. Pincivero, D. M., Lephart, S. M. & Karunakara, R. G. (1997). Effects of rest interval on isokinetic strength and functional performance after short-term high intensity training. *Br J Sports Med.*, 31(3), 229-234. DOI: [10.1136/bjism.31.3.229](https://doi.org/10.1136/bjism.31.3.229)
148. Pincivero, D. M. & Campy, R. M. (2004). The effects of rest interval length and training on quadriceps femoris muscle. Part I: knee extensor torque and muscle fatigue. *J Sport Med Phys Fitness*, 44(2), 111-118. Hentet fra <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15470307/>
149. Protas, E. J. & Tissier, S. (2009). Strength and speed training for elders with mobility disability. *J Aging Phys Act*, 17(3), 257-271. DOI: [10.1123/japa.17.3.257](https://doi.org/10.1123/japa.17.3.257)
150. Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P.E., Rønnestad, B.R., Wisnes, A.R. (2010). *Styrketrening – i teori og praksis*. (1. utg.). Oslo: Gyldendal.
151. Rack, P. M. H. & Westbury, D. R. (1969). The effects of length and stimulus rate on tension in the isometric cat soleus muscle. *J Physiol*, 204(2), 443-460. DOI: [10.1113/jphysiol.1969.sp008923](https://doi.org/10.1113/jphysiol.1969.sp008923)
152. Ralston, G. W., Kilgore, L., Wyatt, F. B. & Baker, J. S. (2017). The Effect of Weekly Set Volume on Strength Gain: A Meta-Analysis. *Sports Med*, 47(12). DOI: [10.1007/s40279-017-0762-7](https://doi.org/10.1007/s40279-017-0762-7)
153. Ratamess, N. A., Falvo, M. J., Mangine, G. T., Hoffmann, J. R., Faigenbaum, A. J. & Kang, J. (2007). The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. *Eur J Appl Physiol*, 100(1), 1-17. DOI: 10.1007/s00421-007-0394-y

154. Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. K., Housh, T. J., Kibler, W. B., Kraemer, W. J. & Triplett, N. T. (2009). American College of Sports Medicine stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.*, 41(3), 687-708. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181915670
155. Reilly, T., Morris, T. & Whyte, G. (2009). The specificity of training prescription and physiological assessment: A review. *Journal of Sports Sciences*, 27(6), 575-589. DOI: <https://doi.org/10.1080/02640410902729741>
156. Rønnestad, B. R., Hansen, E. A. & Raastad, T. (2010). In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. *Eur J Appl Physiol*, 110(6), 1269-1282. DOI: 10.1007/s00421-010-1622-4
157. Saeterbakken, A. H., Andersen, V., van den Tillar, R., Joly, F., Stien, N., Pedersen, H., ... Solstad, T. E. J. (2020). The effects of ten weeks resistance training on sticking region in chest-press exercises. *Plos One*.
158. Sale, D. G., Upton, A. R., McComas, A. J. & MacDougall, J. D. (1983a). Neuromuscular function in weight-trainers. *Exp Neurol*, 82(3), 521-531. DOI: 10.1016/0014-4886(83)90077-8
159. Sale, D. G., MacDougall, J. D., Upton, A. R. & McComas, A. J. (1983b). Effect of strength training upon motoneuron excitability in man. *Med Sci Sports Exerc*, 15(1), 57-62. Hentet fra <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6843320/>
160. Sale, D. G., MacDougall, J. D., Alway, S. E. & Sutton, J. R. (1987). Voluntary strength and muscle characteristics in untrained men and women and bodybuilders. *J Appl Physiol*, 62(5), 1786-1793. DOI: 10.1152/jappl.1987.62.5.1786
161. Sale, D. G. (1988). Neural adaptations to strength training. *Med Sci Sports Exerc*, 20(5), 135-145. DOI: 10.1249/00005768-198810001-00009
162. Sale, D. G. (2003). Neural Adaptations to Strength Training. I P. V. Komi (Red.), *Strength an Power in Sport* (2. utg., s. 281-314). Oxford: Blackwell Science Ltd.
163. Saltin, B. (1973). Metabolic fundamentals in exercise. *Med Sci Sports*, 5(3), 137-146. Hentet fra [https://journals.lww.com/acsm-msse/Abstract/1973/23000/Metabolic\\_fundamentals\\_in\\_exercise.10.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/Abstract/1973/23000/Metabolic_fundamentals_in_exercise.10.aspx)
164. Sand, O., Sjaastad, Ø. V. & Haug, E. (2014). *Menneskets fysiologi*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS
165. Schertzer, J. D., Green, H. J., Fowles, J. R., Duhamel, T. A. & Tupling, A. R. (2004). Effect of prolonged exercise and recovery of sarcoplasmic reticulum Ca<sup>2+</sup> cycling



- properties in rat muscle homogenates. *Acta Physiol Scand.*, 180(2), 195-208. DOI: 10.1046/j.0001-6772.2003.01227.x
166. Schoenfeld, B. J. (2010). Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. *J Strength Cond Res.*, 24(12), 3497-3506. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181bac2d7
167. Schoenfeld, B. (2011). The Use of Specialized Training Techniques to Maximize Muscle Hypertrophy. *Strength and Conditioning Journal*, 33(4), 60-65. Hentet fra [https://journals.lww.com/nsca-scj/fulltext/2011/08000/the\\_use\\_of\\_specialized\\_training\\_techniques\\_to.11.aspx](https://journals.lww.com/nsca-scj/fulltext/2011/08000/the_use_of_specialized_training_techniques_to.11.aspx)
168. Schoenfeld, B. J., Ratamess, N. A., Peterson, M. D., Contreras, B., Sonmez, G. T. & Alvar, B. A. (2014). Effect of different volume-equated resistance training loading strategies on muscular adaptations in well-trained men. *J Strength Cond Res.*, 28(10), 2909-2918. Hentet fra [https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2014/10000/Effects\\_of\\_Different\\_Volume\\_Equated\\_Resistance.27.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2014/10000/Effects_of_Different_Volume_Equated_Resistance.27.aspx)
169. Schoenfeld, B. J., Peterson, M., Ogborn, D., Contreras, B. & Sonmez, G. T. (2015). Effects of low- vs. high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. *J Strength Cond Res.*, 29(10), 2954-2963. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000958
170. Schoenfeld, B. J., Contreras, B., Vigotsky, A. D. & Peterson, M. (2016a). Differential effects of heavy versus moderate loads on measures of strength and hypertrophy in resistance-trained men. *J Sports Sci Med.*, 15(4), 715-722. Hentet fra <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5131226/>
171. Schoenfeld, B. J., Pope, Z. K., Benik, F. M., Hester, G. M., Sellers, J., Nooner, J. L., ... & Krieger, J. W. (2016b). Longer Interset Rest Periods Enhance Muscle Strength and Hypertrophy in Resistance-Trained Men. *J Strength Cond Res*, 30(7), 1805-1812. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001272
172. Schoenfeld, B. J., Contreras, B., Krieger, J., Grgic, J., Celcastillo, K., Belliard, R. & Alto, A. (2019). Resistance training volume enhances muscle hypertrophy but not strength in trained men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51(1), 94-103. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001764
173. Schlicht, J., Camaione, D. N. & Owen, S. V. (2001). Effect of Intense Training on Standing Balance, Walking Speed, and Sit-to-Stand Performance in Older Adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 56(5), 281-286. DOI: 10.1093/gerona/56.5.m281

174. Sedano, S., Marín, P. J., Cuadrado, G. & Redondo, J. C. (2013). Concurrent training in elite male runners: the influence of strength versus muscular endurance training on performance outcomes. *J Strength Cond Res*, 27(9), 2433-2443. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318280cc26
175. Sousa, N. & Sampaio, J. (2005). Effects of Progressive Strength Training on the Performance of the Functional Reach Test and the Timed Get-Up-and-Go Test in an Elderly Population From the Rural North of Portugal. *Am J Hum Biol*, 17(6), 746-751. DOI: 10.1002/ajhb.20446
176. Sousa, N., Mendes, R., Abrantes, C. & Sampaio, J. (2011). Differences in maximum upper and lower limb strength in older adults after a 12 week intense resistance training program. *J Hum Kinet*, 30, 183-188. DOI: [10.2478/v10078-011-0086-x](https://doi.org/10.2478/v10078-011-0086-x)
177. Staron, R. S., Malicky, E. S., Leonardi, M. J., Falkel, J. E., Hagerman, F. C. & Dudley, G. A. (1990). Muscle hypertrophy and fast fiber type conversions in heavy resistance-trained women. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 60(1), 71-79. DOI: 10.1007/BF00572189
178. 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*, 70(2), 631-640. DOI: 10.1152/jappl.1991.70.2.631
179. Stastny, P., Golas, A., Blazek, D., Maszczyk, A., Wilk, M., Pietraszewski, P., ...Zajac, A. (2017). A systematic review of surface electromyography analyses of the bench press movement task. *PLoS One*, 12(2). DOI: [10.1371/journal.pone.0171632](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171632)
180. Stone, W. J. & Coulter, S. P. (1994). Strength/endurance effects from three different training protocols with women. *J Strength Cond Res.*, 8(4), 231-234. Hentet fra [https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1994/11000/strength\\_endurance\\_effects\\_from\\_three\\_resistance.5.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1994/11000/strength_endurance_effects_from_three_resistance.5.aspx)
181. 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), 1087-1092. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318168da2f
182. 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), 2157-2165. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181aeb16a
183. Swinton, P. A., Lloyd, R., Keogh, J. W. L., Agouris, I. & Stewart, A. D. (2012). A biomechanical comparison of the traditional squat, powerlifting squat, and box squat. *J*

- Strength Cond. Res.*, 26(7), 1805-1816. [https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2012/07000/A\\_Biomechanical\\_Comparison\\_of\\_the\\_Traditional.10.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2012/07000/A_Biomechanical_Comparison_of_the_Traditional.10.aspx)
184. Talbot, J. & Maves, L. Skeletal muscle fiber type: using insights from muscle developmental biology to dissect targets susceptibility and resistance to muscle disease. *Wiley Interdiscip Rev Dev Biol.*, 5(4), 518-534. DOI: [10.1002/wdev.230](https://doi.org/10.1002/wdev.230)
  185. Taylor, A. W., Essén, B. & Saltin, B. (1974). Myosin ATPase in skeletal muscle of healthy men. *Acta Physiol Scand*, 91(4), 568-570. DOI: [10.1111/j.1748-1716.1974.tb05712.x](https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1974.tb05712.x)
  186. Taylor, J.L. & Gandevia, S.C. (2008). A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. *Journal of Applied Physiology*, 104(6), 542-550. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01053.2007>
  187. Taylor, J.L., Amann, M., Duchateau, J., Meeusen, R. & Rice, C.L. (2016). Neural Contributions to Muscle Fatigue: From the Brain to the Muscle and Back Again. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(11), 2294-2306. DOI: [10.1249/MSS.0000000000000923](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000923)
  188. Tran, Q. T., Docherty, D. & Behm, D. (2006). The effects of varying time under tension and volume load on acute neuromuscular responses. *Eur J Appl Physiol*, 98(4), 402-410. DOI: [10.1007/s00421-006-0297-3](https://doi.org/10.1007/s00421-006-0297-3)
  189. Van den Tillaar, R. & Ettema, G. (2010). The «sticking period» in a maximum bench press. *Journal of Sport Sciences*, 28, s. 529-535.
  190. Vikberg, S., Sörlén, N., Brandén, L., Johansson, J., Nordström, A., Hult, A. & Nordström, P. (2018). Effects of resistance training on functional strength and muscle mass in 70-year-old individuals with pre-sarcopenia: A randomized controlled trial. *J Am Med Dir Assoc.*, 20(1), 28-34. DOI: [10.1016/j.jamda.2018.09.011](https://doi.org/10.1016/j.jamda.2018.09.011)
  191. Weiss, L. W., Conex, H. D. & Clark, F. C. (1999). Differential functional adaptation to short-term, low-, moderate-, and high-repetition weight training. *J Strength Cond Res*, 13(3), 236-241. Hentet fra [https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1999/08000/differential\\_functional\\_adaptations\\_to\\_short\\_term.10.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1999/08000/differential_functional_adaptations_to_short_term.10.aspx)
  192. Wells, L., Edwards, K. A. & Berstein, S. I. (1996). Myosin heavy chain isoforms regulate muscle function but not myofibril assembly. *Embo J*, 15(17), 4454-4459. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8887536/>
  193. Westcott, W. L. (2012). Resistance training is medicine: Effects of strength training on health. *Current Sports Medicine Reports*, 11(4), 209-216. DOI: [10.1249/JSR.0b013e31825dabb8](https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31825dabb8)

194. WHO. (2020, 26. november). Physical activity. Hentet fra <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
195. Wierzbicka, M. M., Wiegner, A. W. & Shahani, B. T. (1986). Role of antagonist muscle in fast arm movement in man. *Exp Brain Res*, 63, 331-340. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00236850>
196. Wilder, R. P., Greene, J. A., Winters, K. L., Long 3rd, W. B., Gubler, K. & Edlich, R. F. (2006). Physical fitness assessment: an update. *J Long Term Eff Med Implants*, 16(2), 193-204. DOI: 10.1615/jlongtermeffmedimplants.v16.i2.90
197. Willardson, J. M. & Burkett, L. N. (2006). The effect of rest interval on bench press performance with heavy vs. light loads. *J Strength Cond Res*, 20(2), 396-399. DOI: 10.1519/R-17735.1
198. Williams, T. D., Toluoso, D. V., Fedewa, M. V. & Esco, M. R. (2017). Comparison of periodized and non-periodized resistance training on maximal strength: A meta-analysis. *Sports Med*, 47(10), 2083-2100. DOI: 10.1007/s40279-017-0734-y
199. Wojtara, T., Alnajjar, F., Shimoda, S. & Kimura, H. (2014). Muscle synergy stability and human balance maintenance. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 11(129). DOI: <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-129>

## Vedlegg

### Maksimal styrketrening

<b>Tabell 4: Endring i 1RM i knebøy etter MS</b>			
<b>Studier</b>	<b>Pretest 1RM (kg)</b>	<b>Posttest 1RM (kg)</b>	<b>Δ 1RM (%)</b>
Baker et al., 1994	115.0 ± 21.2	143.6 ± 20.7	+ 24,9
	107.0 ± 30.3	134.0 ± 22.5	+ 25,2
Cholewa et al. 2017	63.0 ± 10.4	89.8 ± 18.4	+ 42,5
Herrick et al. 1996	48.0 ± 16.0	70.2 ± 18.5	+ 46,3
Schoenfeld et al. 2014	122.7 ± 41.4	150 ± 36.5	+ 22,3
Schoenfeld et al. 2016a (1)	114.5 ± 30.8	149.9 ± 27.7	+ 30,9

Dataene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik for pre- og postresultatene. Endring fra pre til post er presentert som gjennomsnitt oppgitt i %. 1RM = én repetisjon maksimum. MS = maksimal styrketrening

<b>Tabell 5: Endring i 1RM i benkpress etter MS</b>			
<b>Studier</b>	<b>Pretest 1RM (kg)</b>	<b>Posttest 1RM (kg)</b>	<b>Δ 1RM (%)</b>
Baker et al., 1994	84.2 ± 12.0	94.4 ± 11.9	+ 12,1
	78.0 ± 11.1	90.5 ± 11.1	+ 16
Hermassi et al. 2011	80.4 ± 5.0	96.2 ± 3.6	+ 19,7
Herrick et al. 1996	31.4 ± 6.2	39.3 ± 9.2	+ 25,2
Schoenfeld et al. 2014	104.8 ± 26.6	116.2 ± 21.5	+ 10,9
Schoenfeld et al. 2016a (1)	92.7 ± 19.3	106.1 ± 18.9	+ 14,5

Dataene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik for pre- og postresultatene. Endring fra pre til post er presentert som gjennomsnitt oppgitt i %. 1RM = én repetisjon maksimum. MS = maksimal styrketrening

<b>Tabell 6: Endring i MAR i benkpress etter MS</b>			
<b>Studier</b>	<b>Pretest MAR (reps.)</b>	<b>Posttest MAR (reps.)</b>	<b>Δ 1RM (%)</b>
Schoenfeld et al. 2016a (1)	25.2 ± 3.4	31.9 ± 5.9	+ 26,6

Dataene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik for pre- og postresultatene. Endring fra pre til post er presentert som gjennomsnitt oppgitt i %. MAR = maksimalt antall repetisjoner med en belastning på 40-70% av 1RM, MS = maksimal styrketrening

### Tradisjonell styrketrening

<b>Tabell 7: Endring i 1RM i knebøy etter TS</b>			
<b>Studier</b>	<b>Pretest 1RM (kg)</b>	<b>Posttest 1RM (kg)</b>	<b>Δ 1RM (%)</b>
Stone & Coulter, 1994 (1)	52.1 ± 8.1	69.4 ± 11.2	+ 33
Aube et al. 2020	161.9 ± 37.4	180.2 ± 35.5	+ 11,3
	157.4 ± 28.2	182.9 ± 23.1	+ 16,2
	175.7 ± 25.7	185.2 ± 24.2	+ 5,4

Dataene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik for pre- og postresultatene. Endring fra pre til post er presentert som gjennomsnitt oppgitt i %. 1RM = én repetisjon maksimum. TS = tradisjonell styrketrening

<b>Tabell 8: Endring i 1RM i benkpress hos TS</b>			
<b>Studier</b>	<b>Pretest 1RM (kg)</b>	<b>Posttest 1RM (kg)</b>	<b>Δ 1RM (%)</b>
Stone & Coulter, 1994 (1)	29.4 ± 5.6	35.0 ± 6.4	+ 18,9
Schoenfeld et al. 2015 (1)	∞	∞	+ 6,5
Schoenfeld et al. 2019	93.6 ± 16.1	102.9 ± 15.2	+ 9,9
	96.4 ± 21.2	102.1 ± 20.1	+ 5,9
	91.1 ± 20.9	97.9 ± 20.0	+ 7,5
Schoenfeld et al. 2016a (2)	95.5 ± 23.8	105.5 ± 26.3	+ 10,5
Schoenfeld et al. 2016b	94.2 ± 29.5	98.1 ± 29.0	+ 4,1
	93.4 ± 18.1	105.2 ± 18.9	+ 12,6

Dataene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik for pre- og postresultatene. Endring fra pre til post er presentert som gjennomsnitt oppgitt i %. 1RM = én repetisjon maksimum. TS = tradisjonell styrketrening. ∞ = De absolutte tallene er ikke oppgitt i artikkelen

<b>Tabell 9: Endring i MAR i knebøy etter TS</b>			
<b>Studier</b>	<b>Pretest MAR (reps.)</b>	<b>Posttest MAR (reps.)</b>	<b>Δ Reps. (%)</b>
Stone & Coulter, 1994 (1)	35.2 ± 10.4	58.4 ± 20.5	+ 65,9
Aube et al. 2020	14.6 ± 5.7	19.6 ± 4.0	+ 34,3
	16.4 ± 7.9	18.8 ± 3.4	+ 14,6
	17.2 ± 4.2	22.9 ± 5.9	+ 33,2

Dataene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik for pre- og postresultatene. Endring fra pre til post er presentert som gjennomsnitt oppgitt i %. MAR = maksimalt antall repetisjoner med en belastning på 40-70% av 1RM, TS = tradisjonell styrketrening

<b>Tabell 10: Endring i MAR i benkpress etter TS</b>			
<b>Studier</b>	<b>Pretest MAR (reps.)</b>	<b>Posttest MAR (reps.)</b>	<b>Δ Reps. (%)</b>
Stone & Coulter, 1994 (1)	46.7 ± 8.5	58.3 ± 9.4	+ 24,8
Schoenfeld et al. 2015 (1)	∞	∞	± 0
Schoenfeld et al. 2019	25.1 ± 3.6	28.2 ± 4.6	+ 12,4
	23.7 ± 5.2	28.0 ± 5.6	+ 18,1
	26.2 ± 4.3	31.0 ± 6.1	+ 18,3
Schoenfeld et al. 2016a (2)	28.8 ± 3.5	34.7 ± 5.5	+ 20,5
Schoenfeld et al. 2016b	28.4 ± 3.4	32.1 ± 4.1	+ 13
	27.6 ± 4.1	34.0 ± 5.6	+ 23,2

Dataene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik for pre- og postresultatene. Endring fra pre til post er presentert som gjennomsnitt oppgitt i %. MAR = maksimalt antall repetisjoner med en belastning på 40-70% av 1RM, TS = tradisjonell styrketrening. ∞ = De absolutte tallene er ikke oppgitt i artikkelen

<b>Tabell 11: Endring i 1RM i knebøy etter MU</b>			
<b>Studier</b>	<b>Pretest 1RM (kg.)</b>	<b>Posttest 1RM (kg.)</b>	<b>Δ 1RM (%)</b>
Stone & Coulter, 1994 (2)	49.1 ± 5.7	63.8 ± 7.1	+ 30,9
	59.0 ± 15.2	73.7 ± 15.4	+ 25,1

Dataene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik for pre- og postresultatene. Endring fra pre til post er presentert som gjennomsnitt oppgitt i %. 1RM = én repetisjon maksimum. MU = trening med mål om muskulær utholdenhet

## Trening med mål om muskulær utholdenhet

Studier	Pretest 1RM (kg.)	Posttest 1RM (kg.)	Δ 1RM (%)
Kikuchi et al., 2017	60.0 ± 12.1	65.0 ± 12.1	+ 8,3
Stone & Coulter, 1994 (2)	31.1 ± 4.6	36.5 ± 5.1	+ 16,7
	33.4 ± 5.8	37.2 ± 6.8	+ 11,6
Schoenfeld et al. 2015 (2)	∞	∞	+ 2,0

Dataene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik for pre- og postresultatene. Endring fra pre til post er presentert som gjennomsnitt oppgitt i %.

1RM = én repetisjon maksimum. MU = trening med mål om muskulær utholdenhet. ∞ = De absolutte tallene er ikke oppgitt i artikkelen

Studier	Pretest MAR (reps.)	Posttest MAR (reps.)	Δ Reprs. (%)
Stone & Coulter, 1994 (2)	48.9 ± 31.0	78.9 ± 29.1	± 61,3
	33.1 ± 12.8	60.5 ± 31.5	± 82,6

Dataene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik for pre- og postresultatene. Endring fra pre til post er presentert som gjennomsnitt oppgitt i %. MAR = maksimalt antall repetisjoner med en belastning på 40-70% av 1RM, MU = trening med mål om muskulær utholdenhet

Studier	Pretest MAR (reps.)	Posttest MAR (reps.)	Δ Reprs. (%)
Kikuchi et al., 2017	29.8 ± 2.8	32.8 ± 4.0	± 10
Stone & Coulter, 1994 (2)	46.6 ± 11.8	67.1 ± 28.7	± 44
	41.1 ± 9.0	53.6 ± 17.2	± 30,4
Schoenfeld et al. 2015 (2)	∞	∞	± 16,6

Dataene er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik for pre- og postresultatene. Endring fra pre til post er presentert som gjennomsnitt oppgitt i %. MAR = maksimalt antall repetisjoner med en belastning på 40-70% av 1RM, MU = trening med mål om muskulær utholdenhet. ∞ = De absolutte tallene er ikke oppgitt i artikkelen