

Daniel Johansen

Hypertrofi som følge av styrketrening på et høyt volum.

Hvordan påvirkes muskelvekst av volum, frekvens, pauselengde, øvelsesvalg, og grad av restitusjon mellom sett i styrketrening?



Universitetet i Sørøst-Norge
Fakultet for humaniora, idretts- og utdanningsvitenskap
Institutt for institutt for friluftsliv, idrett og kroppsøving
Postboks 235
3603 Kongsberg

<http://www.usn.no>

© 2022 Daniel Johansen

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

Sammendrag

Bakgrunn: Styrketrening blir brukt i flere deler av samfunnet. Styrketrening for å øke muskelmassen har fått en økende trend, og det er spekulert i om volum kan økes for å gi økt effekt på muskelmassen. Det er tidligere vist at volum følger et dose-respons forhold opp til ti ukentlige sett per muskel. Det er uvisst om volum følger et dose-respons forhold dersom en øker volumet over ti ukentlige sett. Formålet med denne systematiske litteraturstudien var å se hvilken påvirkning et økt volum ville ha på hypertrofi, og om dette kan være negativt i noen tilfeller. Samtidig skulle denne studien gi et overblikk på hvordan en kan variere flere variabler for å få bedre effekt på hypertrofi av et treningsprogram.

Metode: Et systematisk litteratursøk ble gjennomført i to ulike databaser hvor 1253 studier ble undersøkt, hvorav en av disse ble innhentet utenom søket som følger av at den var kjent fra før, men ble ikke funnet i søket. Syv studier ble inkludert i studien basert på inklusjonskriteriene. Oppgaven er basert på randomiserte kontrollerte studier av engelskspråklige artikler som er gjort på volum over 20 sett i uken. Disse studiene er analysert på en kvalitativ måte for å innhente informasjon om flere treningsvariabler i et treningsprogram og sammenheng disse har med volum.

Resultat: Studiene viser en trend for at trening opp mot 45 ukentlige sett gir økt hypertrofi, men i noen tilfeller blir volumet per økt for høyt. Når volumet per økt blir for høyt påvirker dette graden av hypertrofi negativt i de aktuelle studiene.

Konklusjon: Ut ifra de inkluderte studiene så tyder det på at mer volum kan gi økt grad hypertrofi, men dette blir påvirket av pauselengde og hvorvidt treningen er utført til muskulær utmattelse.

Forord

Denne mastergradsoppgaven har blitt gjennomført som en del av studiet «Master i kroppsøving, idrett, og friluftsliv ved Universitetet i sør-øst Norge. Dette temaet ble valgt som følge av at det har vært svært mye snakk om volum for hypertrofi i det evidens baserte treningsmiljøet. Podkaster, artikler, og innlegg i sosiale medier av kjente forfattere har de siste årene vært med på å prege volum diskusjonen. Det har særlig blitt diskutert hvorvidt volum er den viktigste faktoren for hypertrofi. Jeg ønsket å undersøke studiene gjort på volum for å analysere disse selv, og komme fram til en konklusjon.

Valg av metode ble gjort på bakgrunn av jeg ikke ønsket at korona og eventuelle ned stenginger som måtte følge av det skulle prege oppgaven på noen måte, og valgte derfor en litteraturstudie.

Takk til alle medstudenter som har gjort disse årene til fem fine år. En særdeles stor takk rettes til mine to veiledere Markus og Arnstein for veiledning gjennom dette året.

1 INNHOLD

2	Begrepsavklaring.....	5
3	Innledning.....	6
4	Problemstilling.....	9
5	Vitenskapelig bakgrunn for studien.....	9
5.1	Muskel Protein Syntese	9
5.2	Mekanisk drag, metabolsk stress, og muskelskade.....	13
5.2.1	Mekanisk drag.....	13
5.2.2	Metabolsk stress.....	14
5.2.3	Muskelskade	15
5.3	Volum	17
5.4	Frekvens.....	22
5.5	Intensitet og Autoregulering	24
5.6	Muskulær utmattelse og restitusjon	27
5.7	Pause mellom sett/øvelser.....	29
5.8	Kosthold.....	30
5.9	Øvelsesvalg.....	31
5.10	Statistisk analyse av volum studier.....	33
6	Metode.....	34
6.1	Elektroniske databaser	34
6.2	Inklusjon og eksklusjonskriterier.....	34
6.3	Søkestrategi	35
7	Resultat	39
7.1	Beskrivelse av studier.....	39
7.2	Hovedfunn	42
7.2.1	Theban et al., (2017).....	42
7.2.2	Heaselgrave et al., (2019)	43
7.2.3	Schoenfeld et al., (2019).....	44
7.2.4	Aube et al., (2022)	45
7.2.5	Brigatto et al., (2022).....	46
7.2.6	Nascimento et al., (2020)	48
7.2.7	Haun et al., (2018)	49
8	Diskusjon.....	51
8.1	Hovedfunn høyere- versus lavere volum.....	51
8.1.1	Frekvens.....	57

8.1.2	Pauselengde og Muskulær utmattelse	58
8.2	Volum og sammenhengen med frekvens, pauselengde, muskulær utmattelse og restitusjon	62
9	Styrker og begrensninger med denne studien	65
9.1	Styrker	65
9.2	Begrensninger	66
10	Praktisk anbefaling	66
11	Konklusjon	68
12	Referanser	69

2 BEGREPSAVKLARING

Styrketrening: Er trening der kroppens muskulatur arbeider mot en motstående kraft. Dette er ofte gjort for å øke muskelvekst, styrke, utholdenhet, og kraft (Raastad, Paulsen, Refsnes, Rønnestad, & Wisnes, 2013)

Treningsstatus: Nybegynner, har ikke trent styrketrening regelmessig. Godt trent, har trent styrke regelmessig ett år. Svært godt trent, har trent styrke kontinuerlig i flere år.

Hypertrofi: Muskelvekst av muskulaturen ved at det blir økt volum av de enkelte musklfibrene i en muskelgruppe. Muskelvekst måles i tvernsnittareal eller økning i vekt (Raastad, Paulsen, Refsnes, Rønnestad, & Wisnes, 2013).

Volum: Er i denne studien definert som antall utførte sett per muskel, per treningsøkt eller hver uke (Eneko, Maelán, & Jordan, 2021).

Treningsfrekvens: Treningsfrekvens er definert som hvor mange ganger en trener den samme muskelgruppen på en uke (Raastad, et al., 2013).

Utmattelse: Når muskelen ikke klarer å utføre et bestemt arbeid. Innenfor styrketrening forekommer dette når man ikke lengre klarer å utføre flere repetisjoner (Carroll, Taylor, & Gandevia, 2017).

RIR: Er hvor mange repetisjoner en har igjen før en ikke ville klart en repetisjon til (Helms, Cronin, Storey, Zourdos, & Schoenfeld, 2016).

Dose-response: Er når en gitt dose av noe gir en respons. Det er tenkt at så lenge en øker dosen, vil responsen øke (Schoenfeld, Ogborn, & Krieger, 2017).

1RM: Er det maksimale en klarer å løfte en gang (Raastad, Paulsen, Refsnes, Rønnestad, & Wisnes, 2013).

Autoregulering: Er når en regulerer en treningsvariabel som for eksempel intensitet i den gitte økten for å redusere hvor utmattet en blir av treningen (Hickmott, Chilibeck, Shaw, & Butcher, 2022).

3 INNLEDNING

Styrketrening har gradvis fått en større betydning for en bredere del av befolkningen. Idrettsutøvere driver med styrketrening for å bedre prestasjonsevnen. Andre grupper i samfunnet, gjerne yngre mennesker, driver styrketrening for utseendets skyld. Kunnskap om styrketrening og effekten styrketrening har blir dermed stadig viktigere for personer som jobber innenfor idrett, helse og omsorg (Raastad, Paulsen, Refsnes, Rønnestad, & Wisnes, 2013).

Styrketrening er definert som «all trening som er ment å utvikle eller vedlikeholde vår evne til å skape størst mulig kraft ved en spesifikk eller forutbestemt hastighet» (Raastad et al., 2013). Styrketreningsbegrepet kan deles inn i flere kategorier. Blant disse er hypertrofisk styrketrening, maksimal styrketrening, eksplosiv styrketrening og isometrisk styrketrening. Hypertrofisk styrketrening er trening som har til hensikt å øke muskelmassen (Raastad et al., 2013). Maksimal styrketrening er trening der vi ønsker å forbedre kroppens evne til å utvikle størst mulig kraft i en gitt bevegelse. Vi måler som regel maksimal styrke i hvor mange kilo vi kan løfte i en øvelse med en repetisjon (1RM) (Raastad et al., 2013). Eksplosiv styrketrening er trening som har til hensikt å øke personens evne til å utvikle mest mulig kraft hurtig. Dette kan bli målt i hvor raskt en gjør en bevegelse med relativt lett motstand (Raastad et al., 2013). Isometrisk styrketrening er trening som har til hensikt å forbedre evnen til å utvikle størst mulig kraft uten bevegelse (Raastad et al., 2013).

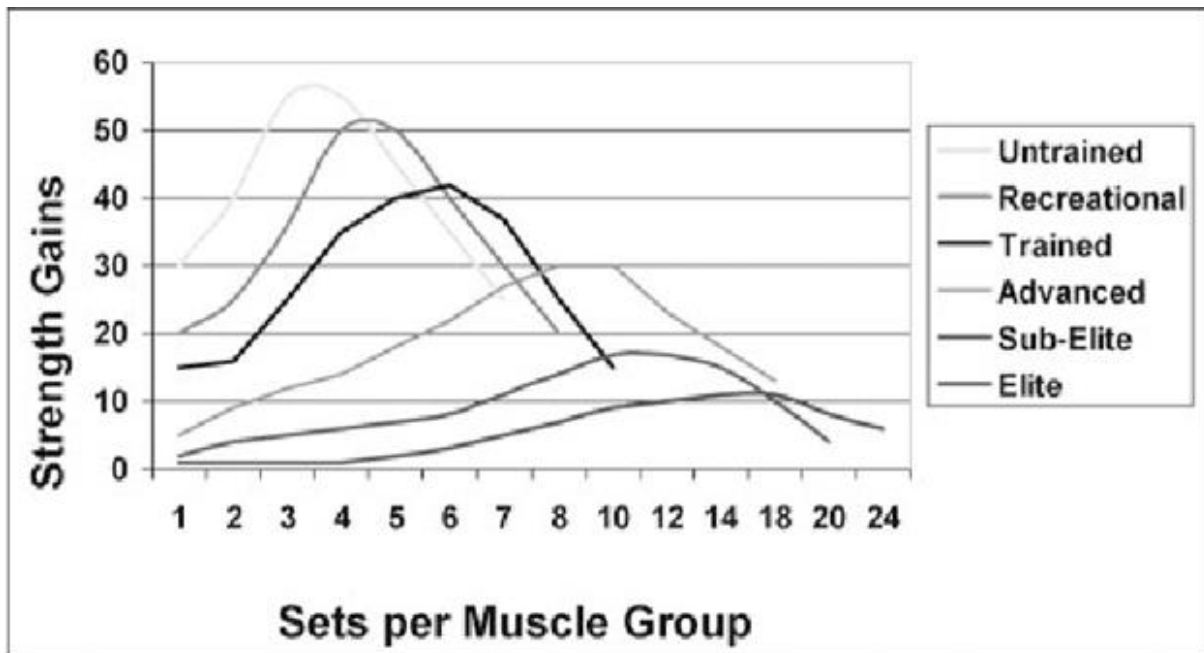
Trening for hypertrofi er det vi skal ta for oss i denne studien. Skal en planlegge trening for hypertrofi er det flere begreper en må ta stilling til. Treningsvolum, treningsintensitet, treningsfrekvens og treningsbelastning er noen av disse. I denne kvalitative analysen er treningsvolum definert som antall totalt utførte sett gjort på en gitt muskel på en uke. Treningsfrekvens er hvor ofte personen trener den samme muskelen på en uke. Treningsintensitet er hvor mange prosent av 1RM personen trener med. Treningsbelastning blir bestemt av summen av hvor mye volum, hvor ofte og hvor hardt personen trener (Raastad et al., 2013). For å stimulere muskulatur på en måte som skaper adaptasjon mot et spesifikt treningsmål så kreves det at en bruker et progressivt styrketrening program (American College of Sports Medicine, 2009). Progresjon innenfor styrketrening er definert som det å bevege seg fremover eller det å avansere mot et spesifikt mål over tid, til dette målet er nådd. Dersom en ikke har progresjon i styrketreningen så vil en i hovedsak vedlikeholde. Vedlikehold innenfor styrketrening er treningsprogrammer som er designet for å vedlikeholde

det nåværende treningsnivået til en person (American College of sports medicine, 2002). I denne studien skal vi fokusere på høyt treningsvolum for hypertrofi og hvordan effekten av volum blir påvirket av treningsvariabler som frekvens, intensitet, restitusjon, muskulær utmattelse, muskelskade, og hvor lange pauser en burde ha. Når man skal designe et styrketreningsprogram må nettopp disse variablene være tenkt på (American College of Sports Medicine, 2009).

Typiske feil som gir dårligere utbytte av treningen er for lavt, eller for høyt volum, ikke tilstrekkelig restitusjon, feil intensitet, feil utførelse av øvelser, valg av treningsmetode sett opp mot ønsket utbytte m.m. Det er gjerne store variasjoner i hvilket utbytte en kan få av styrketrening, men det har blitt vist at en kan ha bedre effekt av treningen med å trene med en trener enn uten. Dette er nok i hovedsak fordi en trener kan hjelpe til med å navigere i tilgjengelig informasjon om trening og treffe bedre beslutninger for å øke utbytte av treningen (Dias, Ratamess, & Saavedra, 2017). Det kan tenkes at en trener kan få bedre resultater fordi treneren har forståelse for hvordan optimalisere variablene rundt trening. Målet med denne studien er at personer som driver med styrketrening og ønsker å basere treningen på evidens skal kunne bruke denne studien og dets resultat for å effektivisere å bedre resultatet av treningen. Evidens basert praktisering involverer å integrere de beste tilgjengelige bevis vi har med, klinisk kunnskap og ekspertise, mens en samtidig vurderer det som er personens unike behov og personlig preferanse. Hvis en bruker dette konsekvent, er det større sannsynlighet for at det optimale utfallet vil bli nådd. Det å bruke evidens basert praktisering betyr at en skal legge fra seg utdaterte metoder for praktisering og bruke effektive, vitenskapelige validerte metoder som møter individets behov (Austria, 2021).

Volum har lenge vært et omdiskutert tema. Det er de som mener at volum er den viktigste treningsvariablen for å promotere hypertrofi. En av årsakene til dette er virkningen volum trolig har på hypertrofi. Den teoretiske effekten av volum kan vi se i figuren av Peterson,

Rhea, & Alvar, (2005) som viser sammenhengen mellom volum og treningstilpassning på styrke.



Figur 1: Teoretisk figur for hvordan volum følger styrke utvikling

Teorien er at en kan øke volumet for å få mer effekt av treningen. Denne økningen vil til slutt nå et nivå der personen ikke vil få større effekten om volumet øker, men derimot få dårligere effekt av treningen. Ifølge Peterson et al., (2005) vil treningserfaring påvirke volumet en kan håndtere, dersom en er bedre trent vil en tåle større volum i treningen. Er dette tilfelle og vil det da være forskjell i anbefalingene en gir befolkningen?

Det er flere teorier om at økt frekvens er å anbefale for hypertrofisk trening, men liten konsensus på området (Dankel, et al., 2017). Det viser seg at i noen tilfeller så ser en at frekvens over to ganger i uken ikke fører til videre hypertrofi (Schoenfeld & Grgic, 2018), mens i andre tilfeller kan vi se at frekvens over dette kan være gunstig (Zaroni et al., 2019). Hvordan skal en manøvrere seg i tilgjengelig informasjon når en ser blandede resultater. Denne oppgaven ønsker å belyse sammenhengen mellom volum og frekvens, og hvordan disse kan kombineres på best mulig måte i treningsplanleggingen for hypertrofi.

Pauselengde på 30-90 sekunder er gjerne blitt brukt for å promotere hypertrofi (Willardson, 2008) Dersom volum er en av de viktigste variablene for hypertrofi så er det mulig at det ikke vil være optimalt å trene med pauselengder på 30-90 sekunder ettersom pauselengder under 3-5 minutter reduserer det totale volumet av treningen (Salles, et al., 2009). Er det slik at

pauselengde kan påvirke den hypertrofiske responsen av et styrketreningssett?

4 PROBLEMSTILLING

Hypertrofi som følge av styrketrening på et høyt volum - hvordan påvirkes muskelvekst av volum, frekvens, pauselengde, øvelsesvalg, og grad av restitusjon mellom sett i styrketrening?

5 VITENSKAPELIG BAKGRUNN FOR STUDIEN

5.1 MUSKEL PROTEIN SYNTSE

Ifølge Raastad et al., (2013) så har muskulatur mulighet til å vokse etter en treningsøkt. Denne endringen i muskulaturen vil være så liten at dersom en prøver å måle så vil en ikke se forskjell. Det er derfor naturlig å utføre flere økter før måling, for å få en akkumulerende effekt. Ifølge Raastad et al., (2013) så kan man se lineær økning i muskeltykkelse gjennom en treningsintervensjon og denne økningen vil ikke bli signifikant før etter seks uker. Økning av muskelmasse, i voksen alder, er en prosess som hovedsakelig blir drevet av belastning under styrketrening, som blir supplementert med proteininntak i kosten og et tilstrekkelig energi inntak (Morton, 2017; Slater, Dieter, Marsh, Shaw, & Iraki, 2019). Ifølge Tipton & Philips., (2013) så kan styrketrening og kostholdet gi optimal respons i muskulaturen for å stimulere hypertrofi på grunn av virkningen disse har på muskel protein syntesen.

Evalueringen av de akutte responsene som skjer i muskel protein syntesen som følger av trening og kostholds intervensjoner er ofte brukt som vitenskapelig grunnlag for å komme med råd innenfor sport og treningskosthold (Witard, Bannock, & Tipton, 2021). Muskel protein syntesen er en metabolsk prosess som beskriver hvordan amino syrer blir bundet til muskel skjelett protein. Muskel protein kan grovt bli klassifisert i de kontraktile myofibrillære

proteinene som er myosin, aktin, tropomyosin, og troponin og den energi produserende mitokondrielle protein. Syntesen av de myofibrillære proteinene er de som i hovedsak er ansvarlig for forandringer i skjelett muskulaturen som følger av styrketrening (Witard et al., 2021). Muskelvekst vil skje hovedsakelig ved at en får økt mengde av muskelfibre i en gitt muskelgruppe. For at vi skal få økt mengde muskelfibre i en muskelgruppe så må en akkumulere mer protein i en muskel enn det som nedbrytes. For å få mer muskelprotein enn det som nedbrytes, er vi avhengig av å stimulere hastigheten på proteinnedbrytingen (Raastad et al., 2013). Ifølge Raastad et al., (2013) er det en kombinasjon av økt syntese og redusert nedbryting som er årsaken til muskelvekst i de fleste tilfeller. Dersom en får hypertrofi som følge av for eksempel styrketrening, så vil hastigheten på proteinsyntesen være større enn hastigheten på nedbrytningen. Dette vil over tid føre til akkumulering av muskel protein (spesielt myofibrillært protein) og muskelfibre vil øke i volum. Kapasiteten til proteinsyntesen vil også økes i takt med størrelsen på muskelfibre (Raastad et al., 2013).

Kroppen vil i denne prosessen aktivere satelittceller. Satelittceller er skjullet muskulatur stamceller som er viktig på grunn av innvirkningen de har på å vedlikeholde muskelmasse, regenerering og hypertrofi i mennesker. Satelittceller vil bli aktivert av styrketrening og det blir dermed flere av disse per muskelfiber. Hvilken type styrketrening, volum, frekvens eller intensitet som er den viktigste faktoren for å aktivere satelittceller er fremdeles et tema som trenger videre forskning (Bazgir, Fathi, Valojerdi, Mozdziak, & Asgari, 2016). Skal en videre øke hypertrofi så trenger muskelen større kapasitet for å opprettholde protein syntesen. Denne kapasiteten blir økt ved at satelittcellene smelter sammen med muskelfibre som gjør at antallet cellekjerner økes (Raastad et al., 2013).

Styrketreningsvariabler som for eksempel intensitet, volum, frekvens og pause mellom sett kan gjøre noe med det intracellulære signalet og muskel protein synteses respons til styrketrening. Derfor vil det være viktig å forstå hvordan manipulering av styrketreningsvariabler kan maksimere muskulær hypertrofi for å gi gode evidens baserte råd (Heaselgrave, Blacker, Smeuninx, McKendry, & Breen, 2019) Ifølge Smith & Atherton., (2012) så vil en kunne se to til tre ganger økning på protein syntesen ved styrketrening over 60% av 1RM. De fant også lik økning helt ned i 30% av 1RM så lenge treningen ble gjort til muskulær utmattelse. Det vil dermed være mulig å øke muskelprotein syntesen med forskjellig intensitet, men når intensiteten er lavere vil det være nødvendig å trene til muskulær utmattelse for å se lik respons på muskel protein syntesen.

For å øke muskel protein syntesen gjennom styrketrening må det en gitt mengde volum til. Burd et al., (2010) så på virkningen forskjellig antall sett hadde på muskel protein syntesen. En av gruppene utførte 1 sett, og den andre gruppen utførte 3 sett. 1 sett eleverte muskel protein syntesen med en signifikant grad etter 5 timer. Gruppen som utførte 3 sett så også en signifikant økning i syntesen, men denne økningen var i større grad enn i 1 sett gruppen. 3 sett gruppen hadde økt muskel protein syntese 24 timer etter settene var utført, i kontrast til 1 sett gruppen som ikke så forskjell 24 timer etter økten (Burd, et al., 2010) Dette gir oss innsikt i at 1 sett muligens ikke er nok volum for å elevere muskel protein syntesen til å stimulere hypertrofi optimalt. Det vi ser er at 3 sett fungerer bedre for å stimulere hypertrofi. Det vil da være naturlig å lure på om en ser større økning på muskel protein syntesen om vi øker antall sett over 3. En studie gjort av Kumar et al., (2012) ønsket å utforske dette. I denne studien ble de delt inn i 4 grupper, 2 grupper med yngre menn, to grupper med eldre menn. 1 gruppe med eldre menn og en gruppe med yngre menn utførte 3 sett på 40% av 1RM også 6 sett på 40% av 1RM på en periode på 3 måneder. De to andre gruppene med eldre og yngre menn, utførte 3 sett på 75% av 1RM også 6 sett på 75% av 1RM.. Det ble ikke observert økt respons i muskel protein syntesen i den yngre gruppen som utførte 40% av 1RM og doblet volumet sitt. Det ble observert en liten økning i den yngre gruppen som utførte 75% av 1RM og doblet volumet sitt. Det ble derimot observert økt respons i muskel protein syntese på begge de eldre gruppene som doblet volumet sitt. Det er noen svakheter med denne studien. Deltakerne trente ikke til muskulær utmattelse noe som vi har sett er nødvendig ved lavere intensitet, og protein syntesen ble bare målt opp til 4 timer etter treningen. Selv med svakhetene så foreslår studien at det kan være gunstig å øke volumet fra 3 sett til 6 sett for å forbedre muskel protein syntese responsen, spesielt i eldre menn (Kumar, et al., 2012). Damas et al., (2019) har gjennomført en lignende studie som så på muskel protein syntese responsen utelukkende i godt trente individer. I denne studien utførte en gruppe 12 sett til muskulær utmattelse med to minutters pause, med øvelsene leg ekstensjon og lår press. En annen gruppe utførte samme trening, men med et volum på 8 sett. Gruppen som utførte 12 sett så en liten økning i muskel protein syntese i forhold til 8 sett gruppen. Denne lave økningen i muskel protein syntese var ikke assosiert med større grad av hypertrofi over åtte uker, noe som foreslår at denne lave økningen kan ha oppstått på grunn av høyere grad muskel skade, sammenlignet med å trene med åtte sett (Damas, et al., 2019) Dette er i tråd med Hyldahl & Hubal, (2013) som så at økt volum kan gi økt muskelskade etter trening. Det har vært spekulert i om det finnes et tak på hvor mange sett en kan gjøre i en gitt treningsøkt for å stimulere muskel protein syntesen for hypertrofi. Når vi sammenligner disse tre studiene er

det muligens positivt for muskel protein syntesen å øke antall utførte sett i en gitt økt fra et sett opptil 8 sett, men økningen ser ut til å minske jo flere sett en utfører noe som foreslår at det er et tak på hvor mange sett en burde gjøre per muskel per økt dersom pauselengder er to minutter (Damas, et al., 2019; Burd, et al., 2010; Kumar, et al., 2012).

En hypotese for at treningsfrekvens er en viktig variabel å påvirke for muskelvekst er virkningen styrketrening har på muskel protein syntesen. Ifølge Dankel et al., (2017) kan det tenkes at om en øker muskel protein syntesen flere ganger i løpet av en uke vil dette ha gunstig påvirkning på muskelvekst. Det er forskjell på hvor lenge en person har økt muskel protein syntese etter styrketrening. Damas, Phillips, Vechin, Ugrinowitsch, (2015) påstår at muskel protein syntesen er økt for utrente i 48 timer etter styrketrening, og denne økningen er 3 ganger større enn for trente personer. En studie gjort av Tang, Perco, Moore, Wilkinson & Phillips, (2008) så på muskel protein syntese responsen før og etter et styrketreningsprogram i unge utrente menn. Det ble gjennomført et styrketreningsprogram av utelukkende en-fots ben ekstensjon. Programmet varte over åtte uker og treningen ble bare gjennomført på en fot slik at den andre foten skulle fungere som en utrent kontroll. Det var en tydelig økning i muskel protein syntese etter treningen i begge benene og økningen endte opp like høy. Forskjellen var at det trente benet opplevde økt syntese raskere, og gikk tilbake til grunnlinjen iløpet av 20 timer. Når det trente benet hadde gått tilbake til grunnlinjen så hadde det utrente benet nådd sin syntese topp, og gikk tilbake betraktelig tregere. Ifølge Tang et al., (2008) så har deltakerne i denne studien en del å gå på når det kommer til treningsstatus. Det forklares videre at for personer som blir gradvis bedre trent så kan det tenkes at frekvens burde økes fordi mps vil gå tilbake til normalen raskere.

I sunne aktive individer så vil muskel protein nedbrytning og muskel protein syntese eksistere i dynamisk likevekt. Når en er fastende så vil protein nedbrytningen være større enn syntesen, og når en har spist så vil syntesen være større enn nedbrytningen. Når en trener så vil en se økning i syntese, men en kan også se økning i nedbrytning. For å stimulere muskel protein syntesen etter en treningsøkt og redusere protein nedbrytningen så kan det være gunstig å spise noe som inneholder protein (Atherton & Smith, 2012). Ifølge Atherton & Smith., (2012) så vil langvarig mangel på protein etter en treningsøkt gjøre slik at protein nedbrytningen er så høy at en ikke vil oppnå hypertrofi av treningen. Det er ikke nødvendig at protein blir konsumert i et tidsrom, men det er nødvendig å ikke ha mangel på protein i den daglige kosten for at nedbrytning ikke skal bli høyere enn syntese. Vi skal gå nærmere inn på kosthold senere. En ser her at en treningsøkt kan gjøre at muskel protein nedbrytning blir

høyere enn syntesen og at vi da ikke vil se hypertrofi. Det er flere faktorer som kan påvirke muskel protein nedbrytning, dette skal vi komme tilbake til.

5.2 MEKANISK DRAG, METABOLSK STRESS, OG MUSKELSKADE

Ifølge Schoenfeld, (2010) har det tidligere vært en hypotese at det er i hovedsak tre faktorer som setter i gang en hypertrofisk respons av styrketrening. Disse faktorene er mekanisk drag, metabolsk stress, og muskelskade. Mekanisk drag, metabolsk stress og muskel skade kan oppstå ved at man manipulerer styrketreningsvariablene gjennom et bredt spekter av teknikker. (American College of Sports Medicine, 2009).

5.2.1 Mekanisk drag

Mekanisk drag kan forklares som at det har vært en forlengning av muskellengde utover hvilelengden til muskulaturen. Forlengningen har blitt påført av et ytre drag, eller økt drag i muskelfibrene som følge av at muskelen har blitt aktivert uten at lengden på muskelfibrene har blitt endret. Muskelfibre som blir satt på strekk kan vokse i lengde, men også i tvernsnittsareal (Raastad et al., 2013) Mekanisk drag er en type kraft som oppstår når en prøver å strekke et materiale. For eksempel vil mekanisk drag oppstå når du røyser deg fra en sittende posisjon ved at framside lår og hofteekstensorer forkortes, denne forkortelsen gjør at det vil oppstå en strekkende kraft på musklene på grunn av tyngdekraften som fører kroppen nedover (Beardsley, 2018).

Et mekanisk drag i muskulaturen aktiverer systemer som direkte påvirker proteinsyntesehastigheten i muskelcellene. Det settes også i gang prosesser som vil bli synlige noen timer etter treningsøkten. Disse prosessene oppregulerer vekstfaktorer lokalt i muskelgruppene som blir trent (Raastad et al., 2013). Signalveiene til muskelvekst blir påvirket lokalt i den belastede muskelen. En treningsøkt som involverer et stort mekanisk drag og/eller et metabolsk stress vil kunne sette i gang prosessene som fører til muskelvekst. Disse prosessene er aktivering av lokale vekstfaktorer som IGF-1 (MGF), HGF og FGF, nedregulering av myosatin og inngangsetting av en rekke intracellulære prosesser som regulerer både den generelle translasjonshastigheten og mer spesifikt transkripsjonen av bestemte gener involvert i hypertrofiprosessen. Signalene vil ikke bare skje i muskelfibrene,

men også parallelt i satellittceller, sånn at et økt antall aktiverte satelittceller vil kunne bidra med flere cellekjerner til muskulaturen som øker i volum (Raastad et al., 2013). Mekanisk drag som oppnås ved enten kraft utvikling eller strekk på muskulaturen og dette er sett på som essensielt for muskelvekst. Dersom en kombinerer kraft utvikling samtidig som en setter muskulaturen på strekk så vil dette har en akkumulerende positiv effekt på muskelvekst (Schoenfeld, 2010).

Det å progressivt øke det mekaniske draget i muskulaturen er høyst sannsynlig den viktigste faktoren for å promotere hypertrofi. Når en har trent med en gitt vekt så vil kroppen tilpasse seg denne treningen. Den neste gangen en trener med den samme vekten så vil en rekruttere færre muskelfibre, og dermed promotere lavere grad av hypertrofi. Dette er en av årsakene for at progressiv økning av mekanisk drag er nødvendig for hypertrofi (American College of Sports Medicine, 2009). Der økning av det mekaniske draget i muskulaturen promoterer hypertrofi så vil en miste muskelmasse dersom en reduserer det mekaniske draget i muskulaturen (Schoenfeld, 2010). Hvor stor grad av mekanisk drag en oppnår blir kontrollert av muskelens evne til å rekrutere muskelfibre. Derfor vil en reduksjon i evne til å rekrutere muskelfibre redusere den mekaniske draget en oppnår som følge av styrketrening (Schoenfeld, 2010).

5.2.2 Metabolsk stress

Metabolsk stress er et resultat av trening, som er avhengig av anaerobiske glykolyse for å produsere energi. Gjennom denne prosessen så er resultatet at det vil bli en opphoping av metabolitter. Noen av disse metabolittene er laktat, hydrogen ion, uorganisk fosfat, og kreatin. Teorien av at opphoping av metabolitter skal gi en hypertrofisk respons inkluderer endringer i det hormonelle miljøet, celle hevelse, fri-radikal produksjon, og økt aktivitet av vekstorienterte transkripsjons faktorer. Akkumuleringen av metabolitter oppstår i moderat og høye repetisjons områder (<80% av 1RM) innenfor styrketrening, og når en begrenser blodgjennomstrømningen til muskulaturen, enten tilsiktet blodgjennomstrømning restriksjon, eller ved øvelser som involverer konstant spenning (Schoenfeld, 2010).

Ifølge Schoenfeld, (2013) er litteraturen på metabolsk stress som en driver for å promotere hypertrofi overbevisende, men mekanismen for hvorfor metabolsk stress promoterer hypertrofi er fortsatt under diskusjon. Det er ikke fastsatt at det er opphoping av metabolitter som promoterer hypertrofi, men det kan derimot være den økte muskel aktiveringen en ser når opphoping av metabolitter oppstår (Schoenfeld, 2013). Det som gjør det vanskelig å skille mellom den hypertrofiske responsen av metabolsk stress og mekanisk drag er at de oppstår i tandem. Det er enda ikke fastsatt om metabolsk stress kan være en tilsetning til mekanisk drag, eller om metabolsk stress vil være overflødig (Schoenfeld, 2013). Ifølge Beardsley, (2019) så er ikke metabolsk stress en driver for hypertrofi, men lokal muskulær utmattelse samtidig som muskelfiber sammentreknings hastighet er redusert er en driver for hypertrofi, og dette kan oppstå når metabolsk stress øker. Denne kombinasjonen mellom lokal muskulær utmattelse og at sammentreknings hastigheten på muskelfibrene reduseres fører til at det oppstår større mekanisk drag i muskelfibrene. Muskulær utmattelse kan bli frembringt av metabolitter, men muskulær utmattelse kan også oppstå uten noen metabolitter. Metabolsk stress i seg selv vil ikke føre til hypertrofi ifølge Beardsley, (2019). Det vil derfor være feil å si at metabolsk stress er en driver for hypertrofi når utmattelse kan oppstå uten metabolitt opphoping (Beardsley, Medium, 2019).

5.2.3 Muskelskade

Trening kan resultere i lokal skade i muskulatur, som i teorien kan bidra til hypertrofi, men mekanismen som underbygger dette er fortsatt uklart (Schoenfeld, 2012). Muskelskaden kan skje i noen få makromolekyler av muskulaturen eller store rifter i muskelcellen. Responsen fra muskelskade som er teorisert å føre til hypertrofi er at området som er skadet tiltrekker seg hvite blodceller og lymfocytter. De hvite blodcellene fjerner celle rester som hjelper til å beholde fibrenes struktur og produserer cytokiner. Dette er trodd å skulle lede til utskillelse av flere forskjellige vekst faktorer som regulerer satellitt celler (Schoenfeld, 2010). Muskel skade kan oppstå etter styrketrening, spesielt når en gjør øvelser en ikke er vant til å utføre. Muskel skade er høyere etter eksentriske kontraksjoner, høyere volum, tyngre vekt, større bevegelses bane, dersom muskelen er satt mer på strekk, og konstant belastning mot en imøtekommende motstand (Schoenfeld, 2012). Dersom en starter en treningsperiode så vil en se høy grad av muskelskade i starten av perioden. Muskelskade vil deretter minske utover perioden dersom en trener kontinuerlig. Muskelskade kan potensielt gjøre slik at muskel protein syntesen reparerer muskulaturen istedenfor å føre til hypertrofi (Damas, Libardi, & Ugrinowitsch.,

2017). Vi kan se i en studie gjort av Foley, Jayarman, Prior, Pivarnik & Meyer, (1999) at muskelskade faktisk gjorde slik at en fikk mindre muskelmasse av en treningsøkt. I denne studien gjorde deltakerne to treningsøkter. Deltakerne gjorde 5 set med 10 eksentriske biceps curl repetisjoner den første økten. Etter denne økten var det observert 10% mindre muskelmasse i armen og høy grad muskelskade. Denne armen oppretholdt 10% mindre muskelmasse helt frem til økt to, som var åtte uker etter økt en. Etter økt to økte muskelmassen gradvis i en uke før den gikk tilbake til en ny høyere grunnlinje. Dette viser oss at dersom den første økten av et treningsprogram påfører et individ høy grad av muskelskade så kan det hende du mister muskelmasse fra den økten og dermed vil økning av muskelmasse fra det originale startpunktet bli vanskeligere.

Ifølge Brentano & Krueger, (2011) så er ikke muskel skade en forutsetning for hypertrofi. De gjennomførte en review av litteraturen på styrketrening induisert muskelskade. Det viste seg at muskel hypertrofi kan oppstå uten muskelskade. Dette er i tråd med en studie gjort av Flann, LaStayo, McClain, Hazel, & Lindstedt, (2011). I denne studien utførte to grupper den samme treningen, en av gruppene hadde en tilvenningsperiode for å minimere muskelskade, den andre gruppen var ikke tilvent. Det viste seg at begge gruppene oppnådde lik hypertrofi, men muskelskade var serdeles høyere i gruppen som ikke var tilvent treningen. Denne muskelskaden var ikke tilstede i gruppen som hadde en tilvenningsperiode. Studien konkluderte med at det var den totale mengden trening gjort som bestemte graden av hypertrofi, ikke muskelskade. En annen studie gjort av Damas et al., (2016) testet påvirkningen styrketrening hadde på muskel skade og muskel protein syntese. De testet graden av muskel skade og muskel protein syntesen ved tre forskjellige punkter over ti uker med et styrketreningsprogram. Styrketreningsprogrammet inneholdt to øvelser, leg extension og leg press, der det ble utført 3 sett på hver øvelse med 9-12 repetisjoner, og vekten ble justert for å tilpasses det gitte repetisjons antallet. Økten ble gjennomført to ganger i uken og hvert sett ble utført til deltakerne ikke kunne gjennomføre flere repetisjoner. De oppdaget at muskel skade og muskel protein syntesen var høyest etter første test og dermed korrelerte ingen av de med hypertrofi. De to neste testene observerte forhøyede verdier av muskel protein syntese sammenlignet med den første testen, og korrelerte med hypertrofi. Muskel skade gikk progressivt ned iløpet av periodenperioden på ti uker og korrelerte ikke med muskel protein syntesen eller hypertrofi (Damas et al., 2016). Ifølge Damas et al., (2017) så vil treningsprogrammer som ikke promoterer muskelskade gi like stor grad av hypertrofi som programmer som gir økt grad muskelskade i starten av programmet, når treningen går over

flere uker. Damas et al., (2017) påstår at muskelskade ikke kan forklare eller gi økt grad hypertrofi. Derfor skal ikke muskelskade bli ansett som en faktor for å promotere hypertrofi.

Selv om muskelskade muligens ikke påvirker hypertrofi positivt så kan det være lurt å ta hensyn til muskelskade i et styrketreningsprogram. Vi ser at volum kan påvirke graden av muskelskade, men det er en annen variabel som også påvirker muskelskade nevneverdig, nemlig valg av øvelser (Soares, et al., 2015). I denne studien så de på effekten øvelses valg hadde på muskelskade. Det ble testet om det er forskjell i muskelskade etter trening med flerleddsøvelser og ettleddsøvelser. Det viste seg at dersom en utførte ettleddsøvelser så en større grad av muskelskade sammenlignet med flerleddsøvelser. Ifølge Soares et al., (2015) så burde en ta hensyn til innvirkningen flerledds og ettleddsøvelser har på restitusjon ved utføring av et styrketreningsprogram.

5.3 VOLUM

Hvordan man skal kvantifisere volum har vært et omdiskutert tema innenfor styrketreningslitteraturen. De metodene som har vært brukt har vært kritikkverdig (McBride et al., 2009). Ifølge McBride et al., (2009) kan forskjellige metoder for å kvantifisere volum gi signifikant forskjellige resultater på trening. De forskjellige metodene for å kvantifisere volum i litteraturen har vært max dynamisk styrke mengde volum, volum mengde, tid under spenning og totalt arbeid gjort. Max dynamisk styrke mengde volum har blitt brukt når en gjennomfører kraft øvelser som for eksempel spenst hopp. En vil da bruke repetisjoner x kroppsvekt-ekstern vekt. Tid under spenning involverer å observere hvor lang tid en bruker på en repetisjon. Svakheterne med denne metoden er at en ikke tar høyde for ekstern vekt eller kroppsvekt. Volum mengde er en relativt lett vint måte å måle volum. Når en skal kalkulere volum mengde tar en vekt x repetisjon x sett. Totalt arbeid gjort bruker den faktiske kraften en produserer under et løft x med hvor mye stangen har beveget seg, for å kalkulere volum (McBride, et al., 2009). Alle disse metodene kan være gode alternativer for å måle volum fordi det er ikke en konsensus for hvilken metode som er mest korrekt (Schoenfeld & Grgic, 2018)

Eneko, Maelán & Jordan, (2021) mener at den mest brukte metoden for å kvantifisere volum i den vitenskapelige litteraturen nå til dags er mengde volum i form av antall sett x antall

repetisjoner x antall kilo. Ifølge Eneko et al., (2021) vil en mer optimal strategi for å kvantifisere volum være å telle antall ukentlige sett per muskel når repetisjonsantallet ligger mellom 6-20+ og en trener for hypertrofi. Settene må være utført til nær utmattelse eller muskulær utmattelse. Denne metoden er en enkel og sikker metode for å observere økt belastning i treningsplanen (Eneko et al., 2021). Ved å bruke sett som estimering av volum vil en kunne observere økende mengde trening utover en treningssyklus, en vil også kunne sammenligne den totale mengden mellom forskjellige trenings sykluser på en enkel og pålitelig måte (Eneko et al., 2021). Ifølge Eneko et al., (2021) vil variabler som frekvens per muskelgruppe, intensitet (6-20 + repetisjoner gjort til nær muskulær utmattelse) og repetisjonsantall ikke forandre effekten av treningen når totalt antall ukentlige utførte sett er det samme. Når en bruker mengde volum for å måle volum så krever det at en bruker ekstern vekt for å måle hvor mye vekt som er løftet. Dersom en gjør kroppsvekt øvelser så har en ikke ekstern vekt. (Eneko et al., 2021). Det kan tenkes at en grunn for at en ønsker å bruke antall sett per muskelgruppe over mengde volum er at mengde volum ikke tar høyde for om øvelsene blir gjort til nær muskulær utmattelse som potensielt blir viktigere dersom intensiteten blir lavere og repetisjonsantallet høyere (Eneko et al., 2021). En svakhet med å bruke sett som kvantifiseringsmetode for volum istedenfor volum mengde er at en vil være nødt til å gjøre settene til muskulær utmattelse eller nær muskulær utmattelse for at det skal bli korrekt.

Det er diskutert hvorvidt økning av volum kan øke responsen for personer som responderer betydelig dårligere enn andre på trening. Ifølge Schoenfeld, Ogborn & Krieger, (2017) er det en mulighet at personer som ikke får god respons fra styrketrening vil ha en fordel av å øke sitt totale ukentlige treningsvolum for å få større grad av utbytte av treningen. Lignende tendenser er vist i utholdenhetstrening. Ifølge Schoenfeld et al., (2017) har litteraturen sett evidens for at det er tilfeller innenfor utholdenhets trening der deltakere som responderte dårlig til et lavt volums program, responderer bra når de gjennomfører et program med høyt volum. Om det er slik at de som responderer dårlig til et lavt volum treningsprogram trenger høyere volum for å få større utbytte av treningen også innenfor styrketrening er spekulativt. En studie av Marshall, McEwen & Robbins, (2011) testet responsen etter en periode med enten 1 sett, 4 sett eller 8 sett med styrketrening. Studien analyserte alt fra kosthold til muskelmasse og alder og fant ingen forskjell på deltakerne som responderte dårlig, middels og bra etter perioden med trening. Ifølge Marshall et al., (2011) var det deltakere som responderte bra og deltakere som responderte dårlig i alle gruppene. Det som var interessant i

studien var at av 13 deltakere som responderte dårlig var 11 av disse enten i 1 sett gruppen eller 4 sett gruppen, og de ti deltakerne som responderte bra var enten fra 4 sett eller 8 sett gruppen. Det er mulig at for personer som responderer dårlig på trening kan økning av volumet bedre responsen av treningen. En annen studie gjort av Hubal et al., (2005) vurderte hvor stor forskjell det er i responsen av en periode med styrketrening. Studien hadde med 585 deltakere der 342 var kvinner og 243 var menn. Ifølge Hubal et al., (2005) kan man se en variasjon på -2 til 59% i muskelvekst etter en periode med styrketrening. Studien fant liten forskjell i responsen mellom kvinner og menn der menn hadde en liten fordel i muskelvekst, men kvinner hadde en mye større grad av økning i relativ styrke (Hubal, et al., 2005). Denne studien så ikke direkte på volum, men viser oss at personer kan respondere forskjellig til det samme styrketreningsprogrammet.

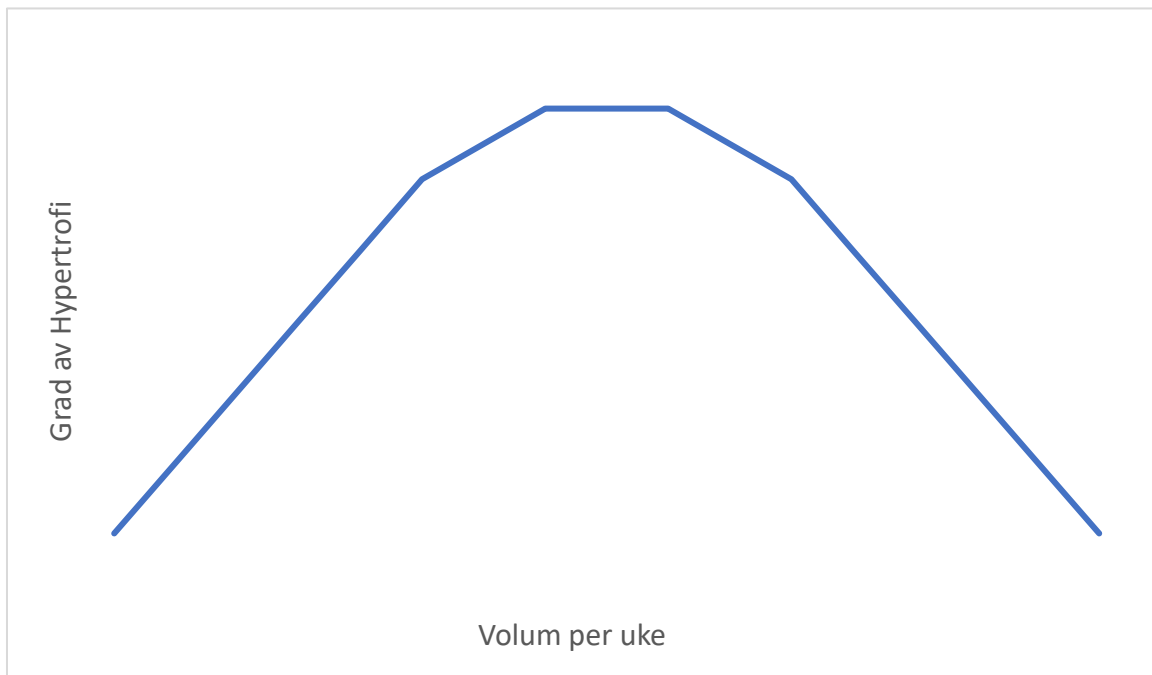
Ifølge Schoenfeld & Grgic., (2018) så er det uenighet innenfor litteraturen hvorvidt volum er en den viktigste faktoren for å promotere hypertrofi. Schoenfeld & Grgic, (2018) påstår at trenings profesjonelle personer og forskere har utfordret tankegangen om å utføre flere sett for hypertrofi. Disse personene hevder at et sett utført til muskulær utmattelse er like bra som flere sett for hypertrofi (Schoenfeld & Grgic, 2018). Dette har vi sett nærmere på i kapitlet om muskel protein syntesen. Her kommer det klart fram at det må en viss mengde volum til for å promotere hypertrofi. Et naturlig spørsmål da er hvor stort volum som er nødvendig for hypertrofi. Ifølge American College of Sports Medicine, (2009) så er det anbefalt at nybegynnere trener med 70-85% av 1RM for 8-12 repetisjoner per sett og gjennomfører et til tre sett per øvelse. For viderekommende individer så er anbefalingene at de trener med 70-100% av 1RM for 1-12 repetisjoner per sett for tre til seks sett per øvelse med majoriteten av treningen gjennomført med 6-12 repetisjoner. Det kan tenkes at det vil være vanskelig å ta ut noen praktisk anbefaling om hvordan en skal ta høyde for volum ut ifra dette. Problemet med denne anbefalingen er at den sier ingen ting om volum per muskelgruppe, men volum per øvelse. Da Schoenfeld et al., (2017) oppdaterte sin tidligere meta-analyse på volum så valgte de å analysere volum som antall sett gjort per muskelgruppe per uke, ettersom de mente dette ville være en mer relevant måling av treningsvolum. Totalt antall ukentlig utførte sett hadde da korrelasjon med hvor stor grad hypertrofisk tilpasning en fikk av treningen (Schoenfeld et al., 2017).

Ifølge Schoenfeld et al., (2017) kan man se en større økning i muskelmasse når en øker det totale ukentlige treningsvolumet. Ved å øke antall sett med en så fant de økning på hypertrofi med 0.36%. Dette vil ikke si at en ikke kan se hypertrofi ved å gjøre få sett. Ifølge Schoenfeld

et al., (2017) kan en se god hypertrofisk framgang helt ned i fire ukentlig sett. Det vil være mulig for personer som har dårlig tid, å bruke en lav volums metode for å stimulere musklene tilstrekkelig for muskelbygging. Ifølge Schoenfeld et al., (2017) så vil man trenge minst ti ukentlige sett per muskel for å få maksimal framgang på hypertrofi. På grunn av manglende studier som så på mer enn ti sett i uken kunne en ikke komme fram til om det er gunstig å bruke over ti sett (Schoenfeld et al., 2017). Et spørsmål en kan stille seg er om en vil se lik framgang på hypertrofi med høyt volum på overkropp og på underkropp. I analysen gjort av Schoenfeld et al., (2017) så var det ingen forskjell i den hypertrofisk respons i overkropp eller underkropp. Begge kroppsdelene så lik framgang dersom flere sett ble utført. Dette er i kontrast til en studie gjort av Rønnestad, Egeland, Kvamme, Refsnes, Kadi & Raastad, (2007) som testet forskjellen 1 sett og 3 sett hadde på styrke og hypertrofi i over og underkropp. Det ble vist at overkropp hadde lik framgang på 1 sett og 3 sett. På underkropp ble det vist at 3 sett var bedre enn 1 sett på både styrke og hypertrofi. Ved første øyekast på denne studien kan det se ut som at underkropp trenger flere sett enn overkropp. Det kan være tilfelle, men ifølge Scarpelli, et al., (2022) ser det ut til at hypertrofisk respons blir påvirket av tidligere utførte styrketrening volum. Dette er i tråd med Brigatto, Lima, Germano, Aoki, Braz & Lopes, (2019) som mener at menn som utfører styrketrening fokuserer i større grad på overkropp enn underkropp og dermed kan det tenkes at majoriteten trener med større volum på overkropp enn underkropp noe som Brigatto et al., (2022) mener kan påvirke resultatet i en intervensjonsstudie. Forklaringen til Brigatto et al., (2022) ses i lys av trente individer mens i studien til Rønnestad et al., (2007) var det utelukkende utrente individer. En mulig forklaring fra Rønnestad et al., (2007) på at det ble sett større økning på underkropp ved tre sett kan være at utrente individer bruker ben i hverdagslige aktiviteter, noe som dermed gjør at de har fått en type stimuli som gjør dem mer rustet for volum i underkropp i forhold til overkropp. Vi kan her trekke en sammenheng med påstanden til Brigatto et al., (2019) og Rønnestad et al., (2007) i begge situasjoner så vil den kroppsdelene som har fått en grad av stimuli muligens være mer rustet for videre volum økning.

Basert på meta- analysen gjort av Schoenfeld et al., (2017) ser det ut til at flere sett er bedre opp til ti ukentlige sett, men en vil ikke kunne øke ukentlige sett kontinuerlig å forvente bedre fremgang. Selv om ti sett gir større økning enn fire sett i denne studien, så vil det muligens være et øvre nivå på hvor mange sett som vil være optimalt for hypertrofi. En kan da si at volum potensielt følger en omvendt u-kurve slik vi kan se i figuren nedenfor. Det vil høyst sannsynlig være et nivå der hypertrofi når et platå og videre økning av sett vil kunne påvirke

treningen negativt og føre til overtrening. Dette nivået har litteraturen ikke klart å finne (Schoenfeld et al., 2017).



Figur 2: Viser en teoretisk figur av forklaringene til Schoenfeld et al., (2017) for hvordan volum potensielt følger en omvendt u-kurve.

Dette er i tråd med en studie gjort av Scarpelli et al., (2022) som påstår at et stort hopp i volum ikke nødvendigvis vil gi bedre hypertrofisk resultat, men at en kan nå et volum tak der videre økning ikke er assosiert med hypertrofi. At det ikke alltid er positivt å trene med større volum enn lavere kan vi se i en studie av Rebafe et al., (2013). Ifølge Rebafe et al., (2013) er volum en variabel innenfor styrketrening som kan virke positivt på resultatet, men det vil også være mulig å påvirke effekten av styrketrening negativt ved feil bruk. Under ramadan vil muslimer unngå å spise og drikke mellom sol oppgang og sol nedgang, hver dag i en måned. Internasjonale idretts konkurranser blir ikke justert for å passe til forskjellige religions retninger. Derfor må atleter under ramadan velge mellom å stoppe trening, fortsette med samme treningsmengde eller redusere den totale treningsmengden (Rebafe, et al., 2013). Rebafe et al., (2013) gjorde en intervensjonstudie under ramadan på fotball atleter. Studien fant ut at gruppen som reduserte volumet under ramadan klarte å forbedre styrke og kraft. Gruppen som ikke reduserte volumet fikk nedgang eller ingen framgang på styrke og kraft. Vi ser her i studien av Rebafe et al., (2013) at kosthold kan påvirke hvor stort volum vi burde trene med og at det kan i perioder være gunstig å redusere volumet for å få framgang på treningen.

Schoenfeld et al., (2017) nevner at det optimale antallet sett per muskel per uke vil variere mellom individer og at disse forskjellene kan ha sammenheng med gener. Det kan da være hensiktsmessig å følge Scarpelli et al., (2022) sitt råd dersom en skal øke volumet sitt. Ifølge Scarpelli et al., (2022) så burde en øke volumet med 20% fra det nåværende volumet en trener med for at en ikke skal oppleve negative innvirkninger på økning av volumet.

5.4 FREKVENNS

Dankel et al., (2017) hadde en hypotese om at økning av protein syntesen flere ganger på en uke vil være positivt for muskelvekst.

Ifølge Schoenfeld & Grgic, (2018) kan en ikke finne klare retningslinjer i litteraturen til hvilken frekvens som er optimalt for hypertrofi. Schoenfeld & Grgic, (2018) viser til The American College of Sports medicine, (2009) sin posisjonsstand om progresjons modeller innenfor styrketrening for voksne. I denne posisjonsstanden er anbefalingene som følger, 2-3 dager i uken for nybegynnere når en trener hele kroppen hver økt, 2-4 dager i uken for viderekommende der hele kroppen trenes to ganger i uken, og 4-6 dager for avanserte som kan velge om de vil trene 1-3 muskelgrupper per økt når ønsket er muskel hypertrofi. Av anbefalingene er det vanskelig å tolke en praktisk tilnærming. Vi har sett hvordan volum kan påvirke adaptasjons prosesser av trening. Dersom volumet er for høyt kan det gi økt muskelskade og vi kan få negative effekter av treningen (Rebaf, et al., 2013). Hvis da en nybegynner trener hele kroppen hver økt samtidig som volumet kan være for høyt så kan det gi negative effekter. Det er også interessant at anbefalingen til American College of Sports Medicine, (2009) innebærer at dersom du er bedre trent så går frekvens per muskelgruppe ned. Dette er i kontrast til den teoretiske modellen til Dankel et al., (2017) som reduserer antall sett per muskel gruppe per økt for å tillate at et høyere nivå av muskel protein syntese skal være til stede utover en hel uke og foreslår at hver muskelgruppe kan bli trent opptil 6 dager over en uke for trente personer. Dette kan vi se i sammenheng med Damas et al., (2015) & Tang et al., (2008) som fant at økning i muskel protein syntese for trente personer når en topp raskere (16t eller mindre) og går tilbake til normalt nivå raskere (24timer eller mindre). Teorien om at det vil være gunstig å ha en høyere treningsfrekvens er basert på at det å øke muskel protein syntesen flere ganger i løpet av en uke vil gi økt hypertrofisk respons. Et spørsmål en kan stille seg er om ikke det vil hindre restitusjonsprosessen å trene ofte. En studie gjort av Nosaka & Clarkson, (1995) så på virkningen repetert intens aktivitet med høy

eksentrisk kraft hadde på muskelskade når en ikke var restituert fra aktiviteten. Tolv utrente menn utførte tre sett med 10 eksentriske aksjoner av biceps muskulatur, treningen resulterte i stor grad av muskelskade. Denne aktiviteten ble gjennomført på nytt tre og seks dager etter første trening. Aktiviteten som ble utført tre dager etter og seks dager etter økte ikke muskelskaden og virket ikke negativt på restitusjonsprosessen. Det viser seg at kroppen tilpasser seg etter intens aktivitet og beskytter seg mot videre muskelskade. Dette fenomenet er kjent som the repeated bout effect (McHugh, 2003). Enkelt forklart kan en se på dette fenomenet som at dess mer en repeterer en aktivitet, dess mindre virkningsfull er aktiviteten på personen fordi en blir tilpasset aktiviteten. Dette har blitt vist i en nyere studie som så på virkningen på restitusjon og ytelse av å gjennomføre en økt, eller to økter på samme dag. Deltakerne i denne studien ble delt i to grupper, der den ene utførte åtte sett på en økt, den andre utførte fire sett på to økter med fire timer restitusjon mellom øktene. Studien fant signifikant bedre trenings intensitet og restitusjon i gruppen som trente to økter om dagen (Bartolomei, Lanzoni, & Michele, 2022). Vi ser her at når en reduserer volumet per økt og trener oftere så kan man forbedre restitusjonsprosesser i kroppen, og det vil være mulig å trene med høyere intensitet.

Det ble gjort en meta-analyse på frekvens av Schoenfeld, Krieger & Grgic, (2018) som så på effekten av frekvens per muskelgruppe. I denne meta-analysen så ble det ikke funnet meningsfullt påvirkning på hypertrofi dersom en trente samme muskelgruppe oftere i uken. Disse funnene er konsistent selv når det ble justert for treningsstatus og for over og underkropp. Ifølge Schoenfeld et al., (2018) så kan personer bestemme selv hvilken frekvens de ønsker å trene hver muskelgruppe med for optimal hypertrofi. En svakhet i denne meta.analysen er at de inkluderte studiene i hovedsak målte hypertrofi i overarmen og lårene. Det kan derfor hende at andre muskelgrupper potensielt kan ha bedre effekt på høyere frekvens. En annen svakhet var at de ikke kunne skille på hvilke øvelser studiene benyttet. Forskjellige øvelser vil kunne gjøre at restitusjonsprosessen blir lengre eller kortere (Schoenfeld et al., 2018)

I meta analysen gjort av Schoenfeld et al., (2018) så nevnes det at resultatet av analysen var basert på volum likestilte studier. Når volum ikke var likestilt var det en liten effekt i fordel høyere frekvens. Et lignende resultat har blitt funnet på frekvens for hypertrofi i en studie gjort av Zaroni et al., (2019) der volum ikke var likestilt mellom gruppene. I denne studien ble deltakerne delt i to grupper. Den ene gruppen gjennomførte et treningsprogram som trente

muskelgruppene en gang i uken. Den andre gruppen trente et fullkroppss program som ble gjennomført fem ganger på en uke. Begge gruppene gjennomførte de samme øvelsene med likt antall repetisjoner og sett. Gruppen som gjennomførte fullkroppstrening fikk signifikant bedre hypertrofi. Dette kom trolig av at gruppen ente opp med å trene med en større mengde volum enn gruppen som trente hver muskelgruppe en gang i uken. At høyre frekvens potensielt kan øke volumet er omtalt i meta-analysen av Schoenfeld et al., (2018). Ifølge Schoenfeld et al., (2017) så vil frekvens være en variabel som kan justeres for å akkumulere et større antall volum gjennom uken, og et økt volum gjort kan forbedre den hypertrofiske responsen en får av treningen. Vi har sett tidligere at mer volum er bedre, i hvert fall opp til 10 sett i uken. Skulle det være slik at en ønsker å akkumulere et høyere volum enn 10 sett så kan potensielt frekvens være en variabel som kan justeres for å trene med et høyt volum på en effektiv måte. Som vi har vært inne på i kapittelet om muskel protein syntese så er det høyst sannsynlig et tak på hvor mange sett en burde gjøre per muskelgruppe per økt. Vi har sett at 8 sett gir nesten like stor hypertrofisk respons som 12 sett, men at 12 sett gir større grad av muskelskade. Det kan tenkes at for hvert ekstra sett en gjør så får en gradvis lavere hypertrofisk respons og høyere grad av muskelskade som forlenger restitusjonstiden (Burd, et al., 2010; Kumar, et al., 2012; Damas, et al., 2019). Det vil da være mulig å trene med et lavere antall sett per muskelgruppe per dag for å spre volumet ut over uken, for å opprettholde den hypertrofiske responsen slik det ble gjort i studien av Zaroni et al., (2019). På denne måten kan en øke det effektive volumet og minske graden av muskelskade en får per økt (Kumar, et al., 2012; Damas, et al., 2019).

5.5 INTENSITET OG AUTOREGULERING

Når en tenker på hypertrofisk styrketrening og intensitet vil det kanskje være naturlig å se for seg et repetisjonsantall mellom 8-12 repetisjoner. Ifølge Lasevicius et al., (2018) så får en samme grad av hypertrofi ved høy og lav intensitet styrketrening, når volum er matchet. En vil også se styrkeframgang, men om maksimalstyrke er hovedfokuset og en trener over lengre tid, så vil det være behov for høyere intensitet (Lasevicius, et al., 2018). Det viser seg at hypertrofisk styrketrening kan gjøres like effektivt på 80% av en repetisjon maksimum (1RM) og helt ned i 30% av 1RM (Lasevicius, et al., 2018). Selv om flere repetisjoner for å nå utmattelse er nødvendig når en har lavere vekt, så vil utmattelse typisk oppstå innen et minutt inn i øvelsen og skjer mest sannsynlig på grunn av akkumulering av metabolitter. Denne

akkumuleringen av metabolitter inni muskulaturen vil sannsynligvis kompensere for den lavere graden av mekanisk drag. Derimot, er det sannsynlig et punkt hvor motstanden vil bli for lav for at en skal se markert grad av muskel hypertrofi (Hayao, Loenneke, Buckner, & Abe, 2016). Ifølge Lasevicius et al., (2018) var 20% av 1RM ikke effektivt dersom en er ute etter maksimal hypertrofisk respons, men 20% av 1RM kan fortsatt brukes for å øke muskelmassen. Ifølge Schoenfeld et al., (2017) har det vært studier som har vist at type 1 og type 2 muskelfibre vokser forskjellig når en bruker forskjellig intensitet i treningen. Trening med lavere intensitet helt ned i 20-25% av 1RM så størst økning i type1 muskelfibre sammenlignet med 65% av 1RM og 85% av 1RM (Netreba, Popov, Bravyi, & Vingradova, 2013). En annen studie så også størst økning ved bruk av lavere intensitet, 50% av 1RM ga større økning i type1 muskelfibre enn 85% av 1RM. Det ble også vist at dersom en bruker høyere intensitet 80%+ av 1RM viser det seg at type2 muskelfibre vokser i større grad enn type1 (Vinogradova, Netreba, Lysenko, & Borovik, 2014; Netreba et al., 2013). For individer som ønsker å maksimere sin totale muskelmasse kan det være hensiktsmessig og ta høyde for fiberspesifikk trening. Det kan vise seg at det å trene på forskjellig intensitet for å maksimere vekst av type1 og type2 muskelfibre er en viktig variabel å ta hensyn til i treningsplanleggingen (Schoenfeld et al., 2018). Ifølge Lasevicius et al., (2018) vil en gjennom å trene på et bredt spekter intensitet kunne øke den hypertrofiske responsen av trening trolig på grunn av at forskjellig intensitet vil kunne stimulere forskjellige muskelfibre. Når en trener med lavere intensitet kan dette også gi bedre restitusjon gjennom å lindre ledd relatert stress på grunn av kontinuerlig trening med høy intensitet (Lasevicius, et al., 2018). Vi kan her trekke en sammenheng mellom studien av Eneko et al., (2021) og Lasevicius et al., (2018). En av årsakene for at det kan være optimalt å telle sett for å estimere treningsvolum kan være at en ser lik hypertrofisk respons på høy og lav intensitet. Ifølge Helms, Cronin, Storey, Zourdos, & Schoenfeld, (2016) burde fremtidig forskning undersøke en kombinasjon ved bruk av høy, moderat og lav RM treningssoner med en periodisert plan, fordi det kan vise seg å være optimalt for å maksimere fiberspesifikk hypertrofi. Dette vil si at en bruker en kombinasjon av lav intensitet (20-28RM), moderat intensitet (9-11RM), og høy intensitet (3-5RM) over en periode med et styrketreningsprogram. Tanken er at dette skal være gunstig for hypertrofi fordi det vil stimulere de forskjellige fibertypene kontinuerlig i treningsprogrammet.

Tradisjonelt så har det blitt brukt prosent baserte estimater av 1RM for å estimere hvilken vekt man skal bruke i styrketreningen (Thompson, Rogerson, Ruddock, & Barnes, 2019). Ifølge

Hickmott, Chilibeck, Shaw & Butcher, (2022) så vil det være flere svakheter ved bruk av prosent baserte estimater. Daglige svingninger og kort tids forandringer av 1RM har blitt oppdaget i litteraturen (Grieg, et al., 2020). Ved å bruke prosent basert estimat vil man ikke ta høyde for disse daglige svingningene i ytelsesevne hver person har (Hickmott et al., 2022). Individuer responderer forskjellig til den samme stimulien en øvelse gir, og de observerte forandringene en kan se fysiologisk av trening vil være svært personlig og vil avhenge av flere faktorer som bestemmer et individ sin toleranse av en bestemt treningsmotstand (Borresen & Lambert, 2012). Ifølge Borresen & Lambert., (2012) vil faktorer som påvirker trening og restitusjonspotensial være, alder, kjønn, trenings historikk, trenings status, arbeidskapasitet, ikke-treningsrelatert stress, stresstoleranse og genetik. På grunn av dette vil prosent basert estimater ikke kunne kvantifisere hvor nært individer er til utmattelse og hvor stor grad av neuromusculær utmattelse personen får av hvert løft (Hickmott et al., 2022). En annen mulig svakhet ved bruk av prosent basert estimat er at en vil være nødt til å kjenne til personens 1RM i hver øvelse som skal gjøres for at en skal kunne bruke dette på en pålitelig måte. Dette kan potensielt være svært vanskelig å få til i noen øvelser som for eksempel flies i kabelstativ.

Et verktøy man kan bruke i treningen for å auto regulere, som tar høyde for dagsform og estimerer hvor nært man er utmattelse er repetisjoner i reserve (RIR) (Helms et al., 2016). Helms et al., (2016) anbefaler å bruke RIR i treningen for å holde graden av utmattelse nede. Trening gjort i repetisjonsantallet 6-8 burde bli gjort med 2-4 RIR slik at man ikke akkumulerer utmattelse og dermed reduserer det totale volumet en klarer å løfte på treningen. Det å bruke RIR for å estimere hvor nært en er utmattelse vil være en passende strategi for å unngå overflødig muskel skade, man vil også kunne redusere motstanden som nødvendig på de neste settene (Helms et al., 2016). Hickmott et al., (2022) studerte bruken av auto regulering med rir. Studien fant at auto regulering med rir ga signifikant større grad av 1RM styrke i knebøy og frontbøy. Ifølge Hickmott et al., (2022) hadde rir potensiale til å være litt bedre enn en fastsatt prosent basert vekt, dersom man utnyttet RIR til å ta høyde for individers svingninger i 1RM styrke. Integrering av vekt og volum auto regulering er en mulig strategi for å bistå i systematisk individualisering av treningsprogrammering, akutte responser, kroniske tilpasninger og ytelses utfall av treningen (Hickmott et al., 2022).

5.6 MUSKULÆR UTMATTELSE OG RESTITUSJON

Dersom en gjennomfører en styrketreningsøkt eller et styrketreningsprogram så vil det oppstå redusert kapasitet til å produsere kraft i muskulaturen under og etter en økt. Denne reduserte kapasiteten er referert til som utmattelse i styrketrening. Utmattelse kan oppstå gjennom at muskelen sin funksjon ikke fungerer optimalt (perifer utmattelse) gjennom blant annet muskelskade, eller så kan sentral nervesystemet ikke klare å aktivere muskelen maksimalt (sentral nervesystem utmattelse). I hvilken grad styrken er kommet tilbake til før-treningsnivåer vil normalt være en indikasjon på hvor restituert en person er (Carroll, Taylor, & Gandevia, 2017). Etter et styrketreningssett så reduseres styrken i den anvendte muskulaturen umiddelbart, men gjenopprettes delvis i løpet av fem minutter. Videre restitusjon av styrke kan ta flere timer etter økten er gjennomført. Det er ofte antatt at sentral nervesystemet blir påvirket i lang tid av styrketrening, men det restitueres gradvis raskt i løpet av de første minuttene etter et styrketreningssett er gjennomført. For at sentral nervesystemet skal restitueres til før-utmattelse nivåer så vil tiden variere, men det kan ta 20-30 minutter (Carroll et al., 2017). Fordi styrketrening ikke påvirker sentral nervesystemet i dagene etter treningen vil det være muskelskade som har oppstått i muskulaturen etter endt styrketrening som i stor grad påvirker hvor lang tid restitusjon av muskulatur tar (Carroll et al., 2017). Selv om sentral nervesystemet er restituert mellom styrketreningsøkter så påvirker sentral nervesystemet trolig effekten av et styrketreningsprogram innad i økten. I en studie av Avelar et al., (2018) undersøkte de innvirkningen av øvelses rekkefølgen på hypertrofi i utrente menn. Deltakerne ble delt inn i en av to grupper. En av gruppene utførte flerledds øvelser etterfulgt av ettleddsøvelser. Den andre gruppen utførte ettleddsøvelser etterfulgt av flerleddsøvelser. Når de utrente mennene utførte de samme styrketreningsøvelsene for en seks ukers periode, så påvirket rekkefølgen på øvelsene i hver styrketreningsøkt den relative hypertrofien av hver muskel gruppe som ble målt. Når en trente en muskelgruppe tidlig i økten så fikk en ofte (ikke hver gang) større grad av relativ hypertrofi, dersom en trente den samme muskulaturen senere i økten så vill en mindre grad av relativ hypertrofi. Denne forskjell kan være på grunn av at akkumulering av sentral nervesystem utmattelse kan være med på å gjøre at kroppen ikke klarer å aktivere muskulatur som blir trent sist i økten, i like stor grad som hvis muskulaturen ble trent tidlig i økten (Avelar, et al., 2018)

En studie gjort av Sasaki et al., (2007) har undersøkt hvorvidt å trene før en er restituert vil føre til ytterligere muskelskade, i mus. I denne studien utførte de en styrketreningsøkt og målte muskelskaden etter denne økten. De gjennomførte deretter en ny styrketreningsøkt etter

0 timer, 12 timer, 24 timer, 48 timer, eller 78 timer. Det de fant ut var at trening som ble gjort 0, 48, og 72 timer etter den første økten ikke førte til ytterligere muskelskade. Derimot førte trening som ble gjort 12 og 24 timer etter den første økten til ytterligere muskelskade. Denne studien viste trolig at dersom sentral nervesystem utmattels er restituert, så kan en påføre ytterligere muskelskade ved å gjennomføre en ny treningsøkt for tidlig. En svakhet med denne studien er at den er gjort på mus så resultatene kan ikke nødvendigvis overføres til mennesker, men dette kan bety at tilstrekkelig restitusjon mellom økter vil være nødvendig for å ikke akkumulere muskelskade (Sasaki, et al., 2007).

Det har vært argumentert for at styrketrening utført til muskulær utmattelse vil maksimere rekrutteringen av motoriske enheter, og vil følgelig, optimalisere neuromuskulær adaptasjoner til styrketrening (Willardson, 2007). Når en gjennomfører tung styrketrening så vil det være et mønster for hvordan muskel fibre blir aktivert. Det eksisterer en terskel, hvor lav terskel muskel fibre, komponert av hovedsakelig type 1 muskel fibre eller type 2 fibre blir aktivert først. Når repetisjoner blir utført etter hverandre, vil disse muskel fibre bli progressivt utmattet, på dette punktet vil ytterligere høyere terskel muskel fibre komponert av hovedsakelig type 2x muskel fibre bli aktivert (Sale, 1987). Muskulær utmattelse inntreffer når alle tilgjengelige muskel fibre er utmattet til et punkt der nok kraft ikke kan bli produsert til å bevege en gitt motstand forbi en ledd vinkel eller «sticking point» (Drinkwater, et al., 2005). Derfor kan det tenkes at trening nær muskulær utmattelse vil gi større stimuli til de høyeste terskel muskel fibre type 2x. Dette skjer gjennom at muskelen vil bruke type 1 og type 2 muskel fibre tidlig i et styrketreningssett, ettersom muskelen trenger mer kraft dess flere repetisjoner en gjør og dess nærmere vi kommer muskulær utmattelse, så vil muskelen være nødt til å ta i bruk type 2x. Type 2x muskel fibre er mest kapabel for de største økningene i styrke og hypertrofi (Willardson, 2007). Hvis en person utfører flere sett av en øvelse til muskulær utmattelse, så vil utmattelse akkumulere i muskulaturen som igjen vil gjøre at ytelses evnen til muskulaturen går ned. Denne akkumulerte utmattelsen kan da resultere i redusert total belastning i form av for eksempel volum og vekt, sammenlignet med sett som ikke er utført til muskulær utmattelse (Navarro, et al., 2017), (Gorostiaga, et al., 2012). Basert på sammenhengen mellom total mekanisk belastning og hypertrofi, vil reduksjon i total belastning kunne svekke den hypertrofiske responsen av treningen (Willardson, 2007). Styrketrening som er utført til muskulær utmattelse vil øke tiden som trengs for neuromuskulær funksjonalitet og metabolsk og hormonsk likevekt betraktelig. Det

å unngå muskulær utmattelse vil tillate personen til å være i bedre nevromuskulær tilstand, som vil gjøre at personen kan utføre en ny treningsøkt eller konkurranse tidligere enn om personen trente til muskulær utmattelse (Navarro, et al., 2017). Vi ser her at trening til muskulær utmattelse vil kunne påvirke hvilket volum vi klarer å trene med. Trening til muskulær utmattelse øker også restitusjonstiden etter trening. Ifølge Navarro et al., (2017) så burde en ta hensyn til trening til muskulær utmattelse dersom en skal trene med en høyere frekvens. Dette kan ses i sammenheng med auto regulerings verktøyet som ble redegjort for av Helms et al., (2016). Ved å bruke RIR så vil en kunne ta høyde for hvor nært en er muskulær utmattelse gjennom et styrketrenings sett, for å bedre effekten av treningen.

5.7 PAUSE MELLOM SETT/ØVELSER

Pause mellom sett er en variabel som har blitt vist å kunne bestemme hvor stor grad en atlet vill oppnå adaptasjoner som er relatert til styrke, kraft, hypertrofi og muskulær utholdenhet (Willardson, 2008). Ifølge Willardson, (2008) kan det gis en generell anbefaling til de som driver med styrketrening. Pause på 2-5 min er ofte brukt når en skal trene for styrke og kraft. Pause på 30-90 sekunder er ofte brukt når en trener for muskel hypertrofi og muskulær utholdenhet. Ifølge Willardson et al., (2008) kan en oppnå høy grad av metabolsk stress ved å bruke pauser mellom 30-90 sekunder. Dette har også blitt funnet i en studie gjort av Henselmans et al, (2014) som så at pauser under 2 minutter ga økt metabolsk stress i muskulaturen. Ifølge Henselmans & Schoenfeld, (2014) så kan dette være negativt for hypertrofi fordi det kan forlenge restitusjons tiden. Dette er i tråd med en nylig studie gjort av Senna et al., (2022) som oppdaget at kortere pauser med 1min ga høyere muskel skade etter trening enn ved bruk av 3 minutters pauser. Ved bruk av 1 min pauser så de forhøyet muskelskade inntill 24 timer etter treningsøkten. Det ble ikke gjort flere tester 24 timer etter økten så en vet ikke om muskelskaden økte progressivt fra 24 timer og videre. Ved bruk av 3 minutters pauser så de ikke forhøyet muskelskade fra 12 timer – 24 timer etter fullført treningsøkt. Vi har sett tidligere at muskelskade ikke korrelerer med hypertrofi, når en opplever stor grad av muskelskade så ser en lavere grad av muskel protein syntese og muskel protein syntesen kan istedenfor å promotere hypertrofi brukes på å reparere muskelskaden (Damas et al., 2016; Damas et al., 2017). Vi har også sett at muskelskade kan gjøre at vi opplever å miste muskelmasse av styrketrening (Foley et al., 1999). Det kan tenkes at for å

øke den hypertrofiske responsen av treningen så vil det være hensiktsmessig å utnytte lengre pauser opp mot 3 minutter.

Det har vært gjort en nyere studie med et intressant resultat på pause lengde og hypertrofi. Longo et al., (2022) så i sin studie at pause lengde på 1 minutt kan gi lik grad hypertrofi. Denne studien så på effekten volum mengde og pauser har på hypertrofi. Deltakerne ble delt inn i fire forskjellige grupper. Gruppe 1 hadde pauser på 3 minutter mellom hvert sett. Gruppe 2 hadde 1 minutt pause mellom hvert sett. Gruppe 3 hadde 3 minutt pause, men utførte den samme volum mengden som gruppe 2. Gruppe 4 hadde 1 minutt pause men, utførte den samme volum mengden som gruppe 1. Resultatet av studien var som følger: Når målet er hypertrofi så lar 3 minutters pause en gjennomføre større volum mengde med ferre sett utført. Kort pause gjør at en trenger å utføre flere sett for å oppnå større volum mengde. Begge metodene kan bli utnyttet for optimal hypertrofi, så lenge høy volum mengde blir utført (Longo, et al., 2022). Ved første øyekast er denne studien i kontrast til det som ble utdypet om muskelskade og pauser, men det er en viktig variabel som må sees på. I studien av Longo et al., (2022) så gjennomførte alle gruppene to økter per uke, og det ble ikke gjort mer enn seks sett hver styrketreningsøkt i gruppene. Det kan tenkes at dersom det hadde blitt trent med et høyere volum så hadde muskelskaden blitt for stor per økt og 1 minutts pause gruppen kan potensielt ha sett lavere grad av hypertrofi enn 3 minutts pause gruppen.

Pause lengde kan gjøre noe med hvilken grad av muskelskade vi får av økten, men den kan også påvirke hvilken mengde volum vi kan trene med. Ifølge Grgic, Lazinica, Mikulic, Krieger & Schoenfeld, (2017) vil pauser over 60 sekunder gjøre det mulig å øke den totale volum mengden av en økt, noe som er gunstig for hypertrofi. Dette kan vi også se i oversiktsartikkelen gjort av Salles et al., (2012), i denne oversikts artikkelen var det tydelig av dersom volumet ikke skulle reduseres burde en trene med 3-5 minutters pauser istedenfor 1 minutts pauser.

5.8 KOSTHOLD

Den hypertrofiske responsen av styrketrening påvirkes av kostholdet, hovedsakelig av energibalansen og om en får konsumert tilstrekkelig mengde protein. Det metabolske grunnlaget for muskel hypertrofi er balansen mellom raten av muskel protein syntesen og muskel protein nedbrytning, det vil si netto muskel protein balanse (netto muskel protein

balanse = muskel protein syntese – muskel protein nedbrytning). Prosessen av muskel protein syntesen og muskel protein nedbrytning skjer samtidig og en eller begge kan forandres av responsen til kostholdet og trening. Dette vil si at synergien mellom styrketrening og konsumering av protein gir optimal anabolsk respons i muskulaturen som antagelig fører til hypertrofi (Tipton & Philips , 2013). Det er mest sansynelig viktig å få i seg protein snart etter trening, men det er klart at muskulatur responderer på protein inntak inntil 24 timer etter trening. Det vil si at alle måltider i dette tidsrommet vil bidra til hypertrofi (Tipton & Philips , 2013). Når vi ser hvor viktig protein er for muskelvekst kan det tenkes at det vil være viktig å vite hvor mye en skal spise for maksimal muskelvekst. Ifølge Morton et al., (2017) så er 1.6 gram protein per kilo kroppsvekt daglig, tilstrekkelig for sunne voksne mennesker som driver med styrketrening. Det har også blitt vist at 1,8 gram protein per kilo kroppsvekt er nødvendig for å maksimere muskel protein syntese responsen av styrketrening (Phillips & Loon, 2011). En kan derfor konsumere mellom 1.6-1.8gram protein per kilo kroppsvekt for individer som ønsker å maksimere hypertrofi. I perioder der en trener med høy frekvens, og store mengder kan det være gunstig å konsumere 1.8 gram (Phillips & Loon, 2011). Morton et al., (2017) påstår, basert på lite data, at det ikke er observert en tydelig forskjell på menn og kvinner, men erkjenner at det er gjort mindre forskning på kvinner enn menn.

Energi balansen i kroppen vil bestemme om en går opp i vekt eller ned i vekt (Garthe, 2011). Skal en øke muskelmassen i kroppen vil et energioverskudd være fordelaktig. Overskuddet kan variere og burde individualiseres mellom individer. For at en ikke skal legge på seg for mye kroppsfett kan det være gunstig å bruke et overskudd på ca 500 kalorier (Garthe, 2011). Samtidig som at overskudd promoterer hypertrofi så vil et underskudd gjøre at vi ser lavere grad av hypertrofi. Dersom en øker underskuddet videre så vil en gradvis se betydelig lavere grad av hypertrofi av et styrketreningsprogram (Murphy & Koehler, 2022). Det vil derfor være hensiktsmessig å både utnytte et energi overskudd og tilstrekkelig mengde protein i kostholdet for å få optimal hypertrofi.

5.9 ØVELSESVALG

Noe som har fått lite fokus innenfor hypertrofi trening er hvilken range of motion en skal bruke når en trener for hypertrofi. American College of Sports Medicine , (2009) diskuterer kort om range of motion, men stopper før de får gitt noen praktisk anbefaling. Siden da har

range of motion blitt studert i flere tilfeller. I en studie av McMahon et al., (2012) så de på hvilken range of motion som var best for hypertrofi ved knebøy. Studien fikk deltakerne til å utføre knebøy på tre forskjellige måter; Kort muskel lengde 0-50 grader, lang muskel lengde 40-90 grader, og full muskel lengde 0-90 grader. De fant en større grad av aktivering, neuromuskulær effektivitet, oksygen konsumering, og disse akutte responsene foreslår at muskelen er blitt fysiologisk mer stresset. Ved å trene på full og lang muskelengde fikk deltakeren i denne studien større grad av hypertrofi. I denne studien ble 0-90 grader referert til som full muskellengde. Det kan tenkes at det vil være mulig å trene over et bredere spekter grader for eksempel 0-140, men det kan hende studien valgte å bruke 90 for at deltakerne skulle klare å gjennomføre rett teknikk på knebøy. Flere studier har blitt gjort på range of motion siden 2012. Sumiaki et al., 2021 og Pedrosa, et al., (2021) har utført lignende studier sammenlignet med McMahon et al., (2012), men disse har blitt gjort på hamstring og leg extension. Begge studiene fant lignende resultater, men en indikasjon for at lang muskel lengde gir bedre hypertrofi enn full muskel lengde. Det har også blitt gjennomført en systematisk analyse av trening på forskjellig bevegelsesutslag av Oranchuk, Storey, Nelson, & Cronin, (2018). I denne systematiske analysen var det et intressant funn i forhold til de andre studiene. Fordi i denne analysen så viste det seg at selv om volum var likestillt så var trening på lange muskel lengder mer effektiv for hypertrofi. Dette kan være effekten forskjellig bevegelsesutslag har på hvor i muskulaturen hypertrofi oppstår. Det har blitt vist i en studie av McMahon & Onambélé-Pearson., (2013) at trening på lange muskellengder kan øke hypertrofien en ser i den distale delen av fremside lår, altså lengre ned på låret, og øke styrke og kraft produksjonen til muskulaturen. En burde ikke øke vekten for å trene med et kortere bevegelsesutslag for å tro at dette skal øke mekanisk drag i muskulaturen fordi dette vil ikke være tilfelle. Mekanisk drag har blitt vist i denne studien å være større i gruppen som trente med større bevegelsesutslag enn gruppen som trente med kortere bevegelsesutslag og mer vekt (McMahon & Onambélé-Pearson, 2013).

Selv om trening på lange muskellengder potensielt kan føre til bedre hypertrofi så kan det tenkes at en må være varsom ved å bare trene på lange muskellengder. Dette fordi at trening på lange muskel lengder har blitt vist å gi større grad av muskel skade sammenlignet med trening på kortere muskel lengder (Oranchuk et al., 2018).. I studien av Sumiaki et al., (2021) så ble det vist at sittende lårcurl(lang muskellengde) ga større grad av hypertrofi enn liggende lårcurl(kort muskellengde). Det ble også vist at verken sittende eller liggende lår curl minsket motakeligheten for videre muskelskade. Det kan dermed tenkes at selv om en utfører

majoriteten av treningen på lang muskellengde, så vil muskelskade oppstå selv om muskulatur burde oppleve repeated bout effekt (Nosaka & Clarkson, 1995).

Vi har sett tidligere forskjellen i grad av muskelskade mellom enledd og flerledds øvelser. På grunn av forskjell i grad av muskelskade så kan det tenkes at det vil være forskjell i grad av hypertrofi også. En meta-analyse av Rosa et al., (2022) ønsket å undersøke dette på muskulatur i armer og ben. Syv studier ble undersøkt. Det ble funnet lik hypertrofi i den helehelte muskelen. Det ble også funnet en mulig økning i hypertrofi av noen deler av muskulaturen når en ledds øvelser ble brukt. Dette kan vi se i en av studiene som ble inkludert der en gruppe utførte utelukkende roing på den ene armen, og utelukkende biceps curl på den andre. I armen som bare utførte biceps curl ble det funnet større grad av hypertrofi på biceps muskulatur. Ifølge Rosa et al., (2022) kan det potensielt være gunstig for individer som ønsker en mer helhetlig muskelvekst å implementere enledd og flerledds øvelser, men at det må flere studier til for å bekrefte dette.

5.10 STATISTISK ANALYSE AV VOLUM STUDIER

Studier som sammenligner volum lister ofte opp at det er for få deltakere som en mulig svakhet i studien. Det har vært varierende resultat i studier gjort på volum. Eksempelvis har Radaelli et al., (2015) funnet signifikant forskjell ved flere sett, samtidig fant Starkey et al., (1996) ingen signifikant forskjell ved flere sett.

Ifølge Krieger, (2021) så ligger en nøkkel faktor til forskjellig resultat i studier som ser på volum i den statistiske analysen. Krieger, (2021) bruker et eksempel med studien Schoenfeld et al., (2017) som han samarbeidet på, der han ser hvor mange deltakere som hadde vært nødvendig for å erklære signifikante funn for en gruppe som får 10% økning i muskel tykkelse sammenlignet med 5% økning i en annen. For at det skal bli funnet signifikante funn 80% av tiden, ville det i denne studien vært nødvendig med 100 deltakere per gruppe (Krieger, 2021). Ifølge Krieger, (2021) har de fleste studier som ser på volum rundt 8-15 deltakere per gruppe. For studier som har ti deltakere vil det bety at når en ser dobling i muskel tykkelse vil en kunne vise dette som statistisk signifikant i 30 av 100 studier Krieger, (2021).

6 METODE

Denne masteroppgaven er en kvalitativ systematisk litteraturstudie over intervensjonsstudier. Hensikten med denne masteroppgaven var å gjennomgå foreliggende litteratur på volum, og dens effekt på hypertrofi ved styrketrening. Intensjonen var å se effekten på hypertrofi da en bruker et høyt volum, definert i ukentlig sett per muskelgruppe. Det var også ønskelig å se nærmere på hvordan intervensjonsstudiene hadde konstruert treningsprogrammene i sin intervensjon for å skape hypertrofi, og se på hvordan innvirkning treningsprogrammet har på hypertrofi når det er tilpasset for trening med høyt volum.

6.1 ELEKTRONISKE DATABASER

I denne masteroppgaven ble det benyttet to søkemotorer; pubmed og scopus. Dette er i tråd med anbefalingene til Rico-Gonzalez, Pino-Ortega, Clemente, & Arcos., (2021) om at det er viktig å benytte seg av flere elektroniske databaser som er relevant til temaet. Ifølge Rico-Gonzalez et al., (2021) dekker pubmed og web of science majoriteten av studier innenfor idretts vitenskap.

6.2 INKLUSJON OG EKSKLUSJONSKRITERIER

Det ble utarbeidet inklusjon og eksklusjonskriterier i forkant av litteratursøket.

Inklusjonskriteriene var som følger; forskningsartikler skulle være publisert i tidsrommet 2016-2022, ettersom det var gjort en meta-analyse i 2016 så var det ønskelig å identifisere forskning av nyere dato. Utvalget var kvinner og menn i alderen 18-70 år med eller uten tidligere treningserfaring. Det ble kun inkludert randomiserte kontrollerte studier (RTC). Intervensjonsgruppen skal ha gjennomført en styrketreningsperiode med varighet på minimum 6 uker med fokus på hypertrofisk styrketrening. Styrketreningen som ble gjort i intervensjonen skulle ha vært dynamisk styrketrening. Intervensjonsgruppen(e) skal ha brukt et høyere ukentlig volum enn kontrollgruppen(e). RTC studier som ikke har sett på forskjellen av flere typer volum direkte ble inkludert dersom de hadde målt effekten av volum over 20 sett i uken og denne effekten ikke ble forstyrret av intervensjonen. Studier ble ekskludert dersom de ikke kvantifiserte volum i antall sett, og deltakerne utførte mellom 6-30 repetisjoner per sett. Volumet som ble målt skal ha vært over 20 sett per muskel per uke, i en

av intervensjonsgruppene. Intervensjonsperioden skal ha forklart treningsprogrammet som ble utnyttet detaljert med pauselengde, øvelser, og intensitet i form av RIR eller % av 1RM.

6.3 SØKESTRATEGI

For å bygge søkestrategien til denne masterstudien ble det benyttet et PICO-skjema. PICO er et skjema som har elementer som gjerne er med i et forsknings spørsmål; populasjon/pasient/problem, intervensjon, sammenligning og utfall (Helsebiblioteket, 2016). I denne systematiske oversikten ble det bare brukt tre av gruppene i et PICO skjema for å danne søkeordene. Ifølge Rico-Gonzalez et al., (2021) bruker en i sports studier, bare tre av gruppene i PICO; Populasjon, intervensjon og i noen tilfeller outcomes, comparator har derfor blitt tatt bort i fra PICO skjemaet. For å finne den tilgjengelige litteraturen ble søkeordene; volume, muscle growth, hypertrophy, muscle thickness, resistance training, resistance exercise brukt. Når søket ble gjort ble søkeordene og kombinasjoner av disse satt sammen med OR eller AND som er kjent som et boolean søk (Rico-Gonzalez et al., 2021).

Tabell 1: PICO-skjema.

	Norske ord	Emneord	Tekstord
Population/ Problem	Treningsmengde	Volume	Volume
Intervention	Styrketrening	Resistance training, Resistance exercise	Resistance training, Resistance exercise
Outcome	Muskelvekst	Hypertrophy	Muscle thickness, Muscle growth

Tabell 2: Pico- skjema med søket.

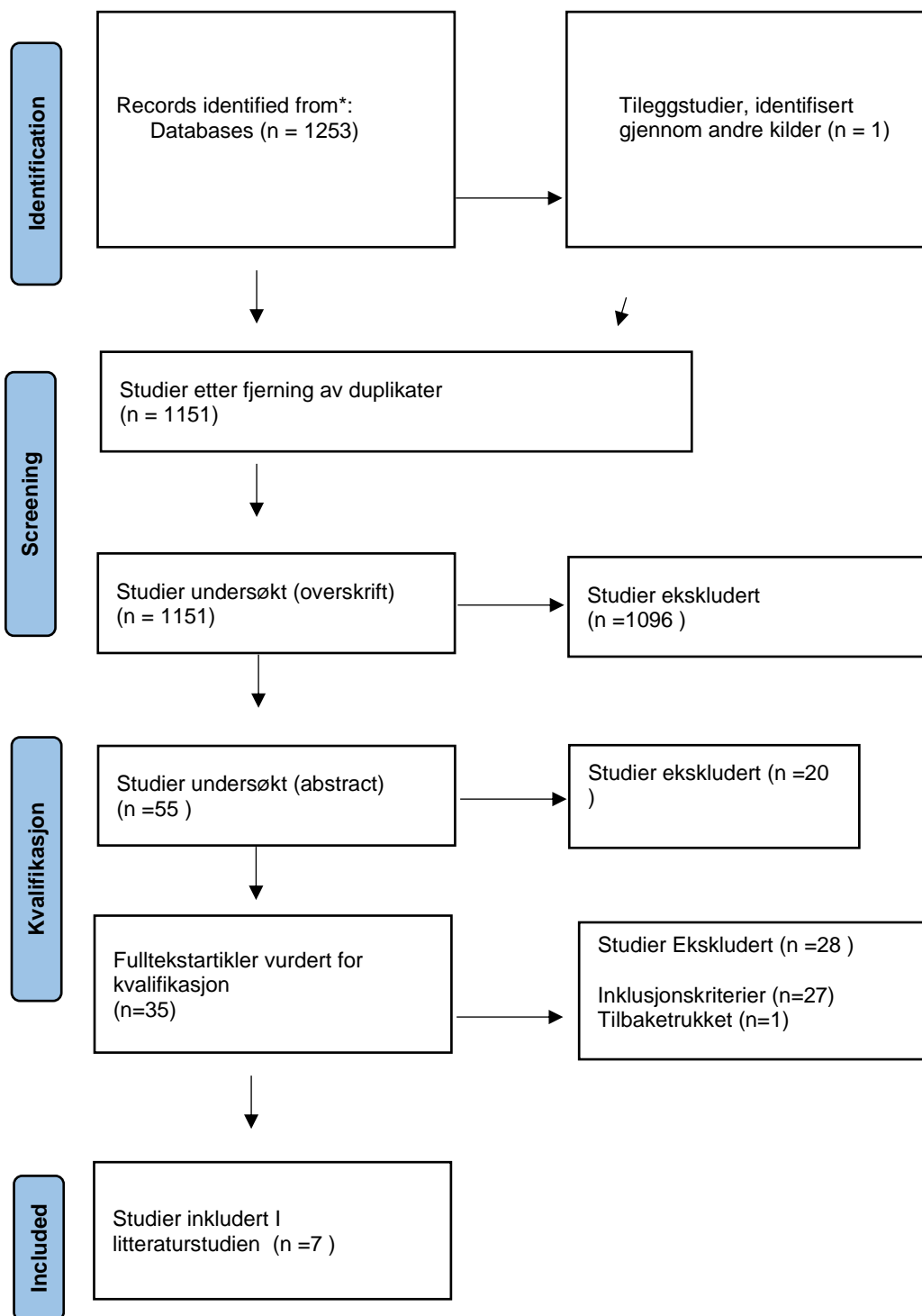
P	1. Volume
I	2. Resistance training 3. Resistance exercise 4. 2 OR 3 OR
O	5 Muscle thickness 6. Muscle growth 7 Hypertrophy 8. 14 OR 15 OR 16
PICO kombinert	9. 1 AND 4 AND 8

Bruken av et Boolean søk er en egnet måte for å gjøre søk for systematiske gjennomganger i idretts- studier (Rico-Gonzalez et al., 2021). I dette søket har ordene AND og OR blitt brukt for å sette sammen søket. Hvert enkelt søkeord i hver kategori ble søkt på. Eksempelvis. #Søk1: volume, #søk2: Resistance training, #søk3: Resistance exercise. #Søk4 ble da utført med OR imellom: #søk2 OR #søk3. De tre kategoriene ble bygget opp slik. Til slutt ble en og en kategori kombinert med AND, helt til det fullverdige søket (søk 10. Tabell x).

Tabell 3: Det endelige søket i to databaser med antall treff, samt tidsperioden søket dekker.

Søk nr.	Søkeord/søkekombinasjon	Pubmed	Scopus
		(2016-07.06.22)	(2016-07.06.22)
1	Volume	257,746	2,801,729
2	Resistance training	15,669	21,901
3	Resistance exercise	17,573	20,856
4	2 OR 3	22,499	21,901
5	Muscle growth	31,935	44,967
6	Muscle thickness	8,155	11,686
7	Hypertrophy	26,353	47,112
8	5 OR 6 OR 7	62,592	25,439
9	1 AND 4	17,747	2,240
10	1 AND 4 AND 8	34,475	275

Trials 1253 Alle resultater 34 741



Figur 4: PRISMA flow chartet viser en informativ oversikt over de forskjellige fasene med datainnsamlingen.

7 RESULTAT

7.1 BESKRIVELSE AV STUDIER

Syv studier ble inkludert i denne systematiske litteraturstudien. Alle syv av studiene omfattet styrketrening for hypertrofi. Seks av studiene brukte treningsvolum som uavhengig variabel (Heaselgrave et al., 2019; Schoenfeld et al., 2019; Theban et al., 2017; Aube et al., 2022; Brigatto et al., 2022; Nascimento et al., 2020) Ett av studiene brukte gradert myseprotein som uavhengig variabel (Haun et al., 2018).

Tre studier brukte en randomisert eksperimentell metode der de plasserte deltakerne tilfeldig i tre forskjellige grupper med ulikt antall volum (Heaselgrave et al., 2019; Schoenfeld et al., 2019; Aube et al., 2022) En av studiene var randomiserte kontrollerte studie med to grupper (Theban et al., 2017). En av studiene brukte et randomisert longitudinelt design som plasserte deltakerne i tre grupper og gikk over 11 uker (Brigatto et al., 2022). En av studiene brukte et randomisert longitudinelt design over 12 uker med en to grupper (Nascimento et al., 2020).

Det var totalt inkludert 253 deltakere i studiene. En av studiene hadde under 20 deltakere (Theban et al., 2017). mens de resterende studiene hadde 27-58 deltakere. Seks av studiene inkluderte utelukkende menn. En av studiene inkluderte utelukkende kvinner (Nascimento et al., 2020). Fem av studiene inkluderte deltakere som hadde trent i minimum et år (Brigatto et al., 2022; Schoenfeld et al., 2019; Heaselgrave et al., 2019; Theban et al., 2017; Haun et al., 2018). En av studiene hadde utelukkende deltakere med over 3 års styrketreningserfaring (Aube et al., 2022). En av studiene hadde ingen inklusjonskriterier som omhandlet styrketreningserfaring (Nascimento et al., 2020). To av studiene hadde et inklusjonskriterie på at deltakerene måtte ha trent minimum tre dager i uken i tiden før studien (Brigatto et al., 2022; Heaselgrave et al., 2019). En av studiene så på volum opp til 45 sett i uken (Schoenfeld et al., 2019). Fire av studiene så på volum opp mot 24-27 sett i uken (Theban et al., 2017; Heaselgrave et al., 2019; Brigatto et al., 2022; Aube et al., 2022). En av studiene økte gradvis volumet fra 10 sett i uken til 32 sett i uken (Haun et al., 2018). En av studiene økte gradvis volumet opp til 36 sett i uken (Nascimento et al., 2020).

Tabell 4: Sammendrag av: Forfatter, Utvalg, problemstilling, intervensjon, variabler, og resultat

Forfatter/Utvalg	Problemstilling	Intervensjon	Variabler	Resultat
Haun et al., 2018/ 31 Deltakere/ Trente menn	Effekten av gradert whey supplementering i løpet av styrketrening med ekstremt volum	Progressivt økning av volum opp til 32 ukentlige sett. Fullkroppstrening	Gradert myse protein, maltodextrine og myse protein	↑ i muskelmasse i malto og gradert myse protein. Ingen significant forskjell mellom gruppene, men significant økning av muskelmasse. Alle deltakerne økte totalt 1,43kg gjennomsnittlig muskelmasse
Heaselgrave et al., 2019/ 49 deltakere/ Trente menn	Innvirkning av lavt til høyt ukentlig styrketreningsvolum på muskeltilpasning hos trente unge menn over 6 uker med biceps fokusert styrketrening	Utelukkende biceps trening over 6 uker. Gruppe 1: 9-sett Gruppe 2: 18-sett Gruppe 3: 27-sett	Ukentlig treningsvolum	Signifikant ↑ i muskeltykkelse i alle gruppene, men ikke mellom grupper. Økning i muskeltykkelse var som følger: 9 sett 4.3%, 18 sett 9.5%, 27 sett 5.4%
Schoenfeld et al., 2019/ 34 deltakere/ Trente menn	Evaluerer muskulær tilpasning mellom lav, moderat, og høyt volum styrketrening	Fullkroppstrening med åtte øvelser Gruppe 1: 1-sett per øvelse Gruppe 2: 3-sett per øvelse Gruppe 3: 5-sett per øvelse	Ukentlig treningsvolum	↑ i muskelmasse var som følger for triceps: 1 sett 1.1%, 5 sett 5.5%, for lateral framside lår: 1 sett 5.0%, 5 sett 13.7%, framside lår midtre del: 1 sett 3.4%, 5 sett 12.5%
Theban et al., 2017/ 19 deltakere/ Trente menn	Undersøke effekten en modifisert <i>german volume training</i> protokoll har på hypertrofi og styrke	Tre treningsøkter i uken i en kroppslitt rutine med tilleggs-flerleddsøvelser som ble gjort med: Gruppe 1	Ukentlig treningsvolum	↑ i muskelmasse var ikke significant forskjellig mellom gruppene. ↑ i

		5-sett, Gruppe 2 10-sett		muskelmasse var for 5 sett gruppen på 2.7%, og for 10 sett gruppen 1.9%
Aube et al., 2022/ 35 deltakere/ Godt trente menn	Undersøke effekten av forskjellig ukentlige antall sett med underkropp trening på muskelstyrke og muskel masse	To økter i uken på underkropp Gruppe 1 12-sett Gruppe 2 18-sett Gruppe 3 24-sett	Ukentlig treningsvolum	Alle grupper økte i styrke og forskjellen i volum og volum load hadde ingen innvirkning på muskelmasse. ↑ i muskelmasse var som følger: 12 sett 7.7%, 18 sett 6.7%, 24 sett 6.1%
Brigatto et al., 2022/ 27 deltakere/ Trene menn	Undersøke effekten på styrke og hypertrofi av forskjellig volum. 16,24 og 32 ukentlige sett	Fire delvis-fullkropsøkter i uken. Gruppe 1: 16-sett Gruppe 2: 24-sett Gruppe 3: 32-sett	Ukentlig treningsvolum	↑ i muskelmasse for biceps: 16 sett 0.5%, 24 sett 1.1%, 32 sett 3.1%, triceps: 16 sett 0.8%, 24 sett 4.0%, 32 sett 7.0%, framside lår: 16 sett 2.1%, 24 sett 5.6%, 32 sett 9.4%
Nascimento et al., 2020/ 58 deltakere/ Utrente kvinner I overgangsalderen	Undersøke effekten av styrketreningsvolum på hypertrofi og styrke hos kvinner i overgangsalderen	Tre økter i uken på underkropp. Progressivt økning av volum opp til 18-sett for gruppe 1, og 36 sett for gruppe 2.	Ukentlig treningsvolum	Signifikant forskjell i favør høyt volum gruppen. ↑ var som følger: for lav volums gruppen 0.30KG, for høy volum gruppen 0.80kg

7.2 HOVEDFUNN

Det var fire studier som konkluderte med at et høyere antall sett i uken kan være gunstig for hypertrofi (Haun et al., 2018; Schoenfeld et al., 2019; Nascimento et al., 2020; Brigatto et al., 2022). Det var tre studier som ikke oppdaget signifikant bedre hypertrofi ved flere sett (Theban et al., 2017; Heaselgrave et al., 2019; Aube et al., 2022). Studiene som viste størst økning i muskelmasse ved høyt volum varte fra 8 til 11 uker (Schoenfeld et al., 2019; Nascimento et al., 2020; Brigatto et al., 2022).

Det var stor variasjon i hvilke muskelgrupper som så en økning med mer volum. Eksempelvis når vi sammenligner biceps målingene til tre av studiene ser vi for Brigatto et al., (2022) og Schoenfeld et al., (2019) at økning i biceps muskulatur økte eksponesielt med antall utførte sett, samtidig hadde Heaselgrave et al., (2019) størst økning i biceps muskulatur på gruppen som gjorde 18 sett og lavest økning på gruppen med 27 sett.

To av studiene så utelukkende på muskeltykkelse i ben (Aube et al., 2022; Nascimento et al., 2020). Aube et al., (2022) fant størst økning i muskelmasse (4,6%) i gruppen som gjorde lavest volum (12 sett) og minst økning (2,6%) på gruppen som gjorde størst volum (24 sett). I motsetning til Aube et al., (2022) fant Nascimento et al., (2020) størst økning (0.8kg) i gruppen som hadde høyest volum (36 sett) og minst økning (0.3kg) i gruppen som hadde lavest volum (18 sett).

7.2.1 Theban et al., (2017)

Theban et al., (2017) ønsket å se hvilken påvirkning et modifisert «german volume training program» hadde på muskulatur. Studien delte deltakerne tilfeldig i to grupper, der en ble identifisert som 5 sett gruppen og den andre som 10 sett gruppen. Begge gruppene trente tre økter på en uke, over totalt 6 uker. Begge gruppene trente med like øvelser, men forskjellig antall sett på de to første øvelsene hver treningsdag. I 10 sett gruppen gjorde de 10 sett på disse to første øvelsene og 5 sett gruppen gjorde 5 sett på de samme øvelsene.

Antallet sett per muskelgruppe er varierende selv om gruppen er kategorisert som enten 10 sett gruppen eller 5 sett gruppen. Derfor er volumet per muskelgruppe konkretisert for de forskjellige gruppene. Slik treningsprogrammet var satt opp kan en se for 10 sett gruppen at volumet var fordelt slik; #Økt1; Bryst: 14 sett; Rygg: 14sett; triceps: 14 sett; Biceps: 14 sett, #Økt2; Framside lår:24 sett; Bakside lår: 4 sett, #Økt3; Skulder: 20 sett; Triceps: 14 sett; Biceps: 14 sett.

For 5 sett gruppen så det slik ut #Økt1; Bryst: 9 sett; Rygg: 9sett; triceps: 9 sett; Biceps: 9 sett, #Økt2; Framside lår:14 sett; Bakside lår: 4 sett, #Økt3; Skulder: 10 sett; Triceps: 9 sett; Biceps: 9 sett. I begge gruppene ble alle øvelsene utført med 10 repetisjoner. Pause mellom sett var 60 sekunder, men ble økt til 90 sekunder når man utførte de siste settene. Pause mellom øvelser var 60 sekunder. Vekten som ble brukt var mellom 60-80% av 1RM i alle gruppene. Alle gruppene ble instruert med å gjennomføre det siste settet i hver øvelse til muskulær utmattelse. Den totale volum mengden var størst i 10 sett gruppen.

Det ble brukt ultralyd for å måle muskeltykkelse. Theban et al., (2017) fant ingen forskjell i muskeltykkelse i framside lår eller bakside lår mellom 5 sett gruppen og 10 sett gruppen. Det ble funnet en ikke signifikant forskjell i favør 10 sett gruppen med 10,7% mot 5,6% økning for triceps Det ble også funnet en ikke signifikant forskjell for biceps i favør 5 sett gruppen med 7,3% mot 0,9% økning for 10 sett gruppen (Theban et al., 2017). Studien målte ikke muskel tykkelse i skuldre eller rygg.

Theban et al., (2017) rapporterte flere mulige svakheter i studien. Eksempelvis ble måling av muskeltykkelse gjort på den midtre delen av muskulaturen og ikke flere plasser. En annen mulig svakhet som blir nevnt er at treningsperioden er for kort for å oppdage forskjell mellom gruppene. Ifølge Theban et al., (2017) ville det vært gunstig å måle andre parametere som utmattelse og sårhet i muskulaturen. Dette kan ha sammenheng med at de siste ukene så trente 5 sett gruppen med relativt høyere % av 1RM. Det kan tenkes at utmattelse hadde begynt å akkumulere for 10 sett gruppen.

7.2.2 Heaselgrave et al., (2019)

Denne studien hadde til hensikt å se hvilken innvirkning lavt og høyt ukentlig styrketrenings volum og frekvens hadde på muskulære adaptasjoner. Studiene delte deltakerne tilfeldig i tre forskjellige gruppe, lav, mid og høy. Intervensjonen varte over en periode på seks uker. Lav gruppen trente en økt i uken med 9 sett, mid gruppen trente to økter i uken med totalt 18 sett, høy gruppen trente to økter med totalt 27 sett. Studien fokuserte utelukkende på biceps tykkelse. Gruppene utførte de samme øvelsene med samme antall repetisjoner for hver øvelse (10-12). Lav gruppen gjorde 9 sett totalt; Mid gruppen gjorde 9 sett totalt dag en og 9 sett totalt dag to; Høy gruppen gjorde 14 sett totalt dag en og 13 sett totalt dag to. Studien brukte RIR for å estimere hvor nært de var utmattelse. Deltakerne ble forklart at de skulle stoppe øvelsen to repetisjoner før muskulær utmattelse. Det ble brukt pauser på tre minutter mellom

sett og mellom øvelser.

Heaselgrave et al., (2019) brukte ultralyd måling for å se muskeltykkelsen. Det ble funnet økning i muskeltykkelse i alle gruppene, men ingen signifikant forskjell mellom gruppene. Studien konkluderte med at 9 sett med direkte biceps trening er tilstrekkelig for å øke muskeltykkelsen når en gjennomfører et treningsprogram over en kort periode.

Det var forskjell i hvor mye hver gruppe økte; Lav økte 4,3%; Mid økte 9,5%; Høy økte 5,4%. Selv om det ikke ble vist signifikant forskjell mellom gruppene så var det forskjell i hvor mange prosent muskeltykkelsen i biceps økte.

I følge Heaselgrave et al., (2019) var studien ikke uten svakheter. Det blir nevnt at studien muligens var over en for kort periode. Seks uker med styrketrening kan være en for kort periode til å se signifikant forskjell mellom grupper. En annen svakhet er at studien er utelukkende på menn og styrketreningen var utelukkende biceps trening. Deltakeren i studien kunne ha trent biceps utenom studien uten å rapportere dette, noe som kan ha gjort noe med resultatet.

7.2.3 Schoenfeld et al., (2019)

Denne studien skulle evaluere muskulære adaptasjoner mellom low, moderat, og høyt styrketrenings volum. 34 deltakere ble tilfeldig plassert i en av tre grupper: Lav gruppe som utførte et sett per øvelse per treningsøkt, moderat gruppe som utførte tre sett per øvelse per treningsøkt, eller en høy gruppe som utførte fem sett per øvelse per treningsøkt. Treningen i alle gruppene ble utført over tre økter per uke, over åtte uker. Alle gruppene utførte de samme øvelsene og øvelsene som ble brukt var: Benk press med stang, skulderpress med stang, nedtrekk med bredt grep, sittende roing i kabel, knebøy, lår press, og lår ekstensjon. Disse øvelsene og antall sett gjort per gir store forskjell på antall sett per muskelgruppe.

Lav gruppe: Triceps 6, Biceps 6, Bryst 3, Rygg 6, Skuldre 6 og framside lår 9; Moderat gruppe: Triceps 32, Biceps 32, Bryst 9, Rygg 18, Skuldre 18 og framside lår 27; Høy gruppe: Triceps 30, Biceps 30, Bryst 15, Rygg 30, Skuldre 45 og framside lår 45. Hvert sett ble utført mellom 8-12 repetisjoner og alle settene ble gjort til muskulære utmattelse. Deltakerne fikk 90 sekunder pause mellom sett og 120 mellom øvelsene.

For å måle muskeltykkelsen så ble det brukt ultralyd. Det ble målt en plass på hver muskel for å måle dimensjonen til muskelen. Det ble funnet signifikant forskjell i biceps muskulatur mellom gruppene. Gruppen som økte i størst grad var 5 sett gruppen, etterfulgt av 3 sett og 1 sett. For triceps muskulatur var det ikke signifikant forskjell mellom gruppene, men når vi ser på tabellen fra studien kan vi se at størst økning fikk 5 sett gruppen, etterfulgt av 3 sett og 1 sett. For mid-forside lår var det signifikant forskjell mellom gruppene. 5 sett gruppen økte i størst grad, etterfulgt av 3 sett og 1 sett. For den laterale delen av framside lår var det også signifikant forskjell, 5 sett økte i størst grad, etterfulgt av 3 sett og 1 sett.

Ifølge Schoenfeld et al., (2019) viser denne studien et gradert dose-respons forhold mellom volum og muskelvekst. Tre av fire målinger viste signifikant økt forskjell i muskeltykkelse mellom det høyeste utførte volumet og det laveste.

Ifølge Schoenfeld et al., (2019) var en svakhet at alle deltakerne ikke trente regelmessig til muskulær utmattelse før studien startet. Det kan tenkes at ved å trene til muskulær utmattelse så har dette hatt påvirkning på adaptasjonene av treningen. En annen svakhet var at deltakerne ikke gjorde noen en-ledds øvelser, men utelukkende fler-ledds øvelser. Det er også verdt å nevne at det var to deltakere som droppet ut i 1 sett gruppen på grunn av treningsrelaterte skader og 2 som droppet ut i 5 sett gruppen på grunn av ikke treningsrelaterte skader. Schoenfeld et al., (2018) rapporterte at en mulig svakhet var at måling av muskeltykkelse ble gjort på den midtre delen av muskulaturen. Hypertrofi kan oppstå regionalt i en muskel og dermed ikke bli oppdaget ved å bare måle den midtre delen (Schoenfeld et al., 2018).

7.2.4 Aube et al., (2022)

Formålet med studien til Aube et al., (2022) var å se hvilken effekt progressive styrketrenings volum hadde på muskel tykkelse og styrke i allerede styrketrente individer. I denne studien ble deltakerne plassert i grupper basert på tidligere utførte styrketreningsvolum for deretter å bli tilfeldig plassert i en gruppe som utførte 12 sett, en som utførte 18 sett, eller en som utførte 24 sett. Deltakerne hadde minst tre års styrketreningserfaring og erfaring med knebøy og 1RM testing. Deltakerne gjennomførte et 8 ukers hypertrofi orientert underkroppps program med to økter i uken. Settene ble likt fordelt mellom to øvelser i hver gruppe. Øvelsene som ble gjort var knebøy og lår press. Dette resulterte i antall utførte sett per økt per muskel: 12 sett gruppen utførte 6 sett for fremside lår per økt, 18 sett gruppen utførte 9 sett for fremside lår per økt, 24 sett gruppen utførte 12 sett for fremside lår per økt. Den første økten i uken

utførte alle gruppene 6-8 repetisjoner. Den andre økten utførte alle gruppene 12-15 repetisjoner. Gruppene utførte ikke settene til muskulær utmattelse, men hadde to reps i reserve, utenom på det siste settet på hver øvelse, da utførte de settet til muskulær utmattelse. Det ble gitt 2 minutters pause mellom sett og 3 minutter mellom øvelsene. Volum mengde ble kalkulert for å passe på at gruppen som utførte flest antall sett også hadde størst volum mengde.

Det ble brukt ultralyd for å måle muskeltykkelsen to plasser på låret. Det ble ikke funnet signifikant forskjell mellom gruppene. Det ble vist lik grad i økning av muskel tykkelse mellom alle gruppene. Ved å se i tabellen til studien ser vi at en kan nesten ikke se forskjell i gruppene. Det er verd å nevne at den største økning ble vist i 12 sett gruppen med en økning på 7,7%, etterfulgt av 18 sett gruppen med 6,7% økning, og 24 sett gruppen med 6,1% økning. For styrke så fant de størst økning for 18 sett gruppen med 16,2% økning, etterfulgt av 12 sett gruppen med 11,3% økning, og deretter 24 sett gruppen med 5,4% økning i 1RM knebøystyrke.

Ifølge Aube et al., (2022) er en svakhet til studien at de ikke klarte å spore kostholdet til deltakerne godt nok. Det ble utdelt protein til alle deltakerne etter økten, men på grunn av det dårlige bilde av kostholdet kan dette ha påvirket resultatet på muskelmassen. Ifølge Aube et al., (2022) reduserte deltakerne volumet sitt med 34,2%. I 12 sett gruppen reduserte 8 av 13, i 18 sett gruppen reduserte 3 av 12, og i 24 sett gruppen reduserte 1 av 10 sitt totale ukentlige volum sammenlignet med hva de gjorde før. I tillegg doblet nesten deltakerene sitt tidligere volum når de gjennomførte 24 sett. En annen svakhet er at denne studien ble gjort på godt trente individer og varte i åtte uker. Det kan tenkes at studien skulle vært over en lengre periode for å se forskjell på godt trente

7.2.5 Brigatto et al., (2022)

Denne studien hadde til hensikt å studere forskjellen treningsvolum hadde på muskeltykkelse. Intervensjonen varte i totalt 11 uker der uke en var en familiseringsperiode, uke to var en pre intervensjonsperiode, og uke tre til ti var trenings intervensjons periode. Individene ble familiarisert med prosedyrene til studien som for eksempel hvilket bevegelsesutslag en skulle benytte på øvelsene. Deltakerne hadde minimum et års treningserfaring og hadde gjort øvelsene som ble benyttet i intervensjonen i minst et år. Deltakerne ble tilfeldig plassert i en av tre grupper: 16 sett, 24 sett, eller 32 sett per uke.

Treningsprogrammet som ble benyttet var fire økter per uke. Alle øvelsene ble gjort mellom 8-10 repetisjoner og utført til muskulær utmattelse. Deltakerne fikk 60 sekunder pause mellom sett og 120 sekunder pause mellom øvelser. Vekten deltakerne løftet ble justert for at deltakerne skulle nå muskulær utmattelse innenfor 8-10 repetisjoner. Antall sett per muskelgruppe var som følger for 16 sett gruppen: Bryst 16, Rygg 8, framside skulder 8, Fremside lår 16, bakside lår 16, biceps 16, triceps 16; 24 sett gruppen: Bryst 24, Rygg 12, framside skulder 12, Fremside lår 24, bakside lår 24, biceps 24, triceps 24; 32 sett gruppen Bryst 32, Rygg 16, framside skulder 16, Fremside lår 32, bakside lår 32, biceps 32, triceps 32. Total mengde volum løftet var størst for 32 gruppen etterfulgt av 24 sett gruppen også 16 sett gruppen.

Ultralyd ble brukt for å måle muskel tykkelsen og denne ble målt på tre muskelgrupper, triceps, biceps og lateralt fremside lår. Studien fant signifikant forskjell mellom 32 sett og 16 sett gruppen på to av tre muskelgrupper. Det var bare biceps som ikke så signifikant økning i muskel tykkelse. Det ble funnet et dose-response forhold mellom volum og muskeltykkelse. Studien viste at de som fikk størst økning i muskel tykkelse av intervensjonen var i rekkefølgen 32 gruppen > 24 gruppen > 16 gruppen. Selv om det ikke ble funnet en signifikant forskjell i biceps så ble det funnet et dose-response forhold i denne muskelgruppen også.

En svakhet ifølge brigatto et al., (2022) var at 16 gruppen reduserte sitt ukentlige antall utførte sett på framside lår fra 21 før intervensjonen startet til 16 under intervensjonen. En annen svakhet var at studien varte i åtte uker. Brigatto et al., (2022) forklarer at åtte uker var nok for å se signifikant forskjell, men hadde intervensjonen vart lengre kan te tenkes at resultatet hadde blitt annerledes for eksempel på grunn av overtrening.

7.2.6 Nascimento et al., (2020)

Studien gjort av Nascimento et al., (2020) hadde til hensikt å se hvordan styrketreningsvolum påvirket styrke og muskelvekst i kvinner som er i overgangsalderen. Denne kontrollerte randomiserte studien gikk over 15 uker totalt, der 12 av disse gikk til intervensjonen, 2 ble brukt til data innsamling, og 1 uke ble brukt til å familisere deltakerne til dynamisk styrketreningsteknikk. Deltakerne ble tilfeldig plassert i følgende grupper: høyt volum(13 deltakere), lavt volum(13 deltakere), og en kontroll gruppe(14 deltakere).

Treningsprogrammet deltakerne utførte var likt mellom gruppene med unntak i antall sett. Lavt volum gruppen utførte tre sett per øvelse. Høyt volum gruppen utførte seks sett per øvelse. Treningsprogrammet ble utført tre ganger i uken. Øvelsene som ble gjort av begge gruppene var leg press, leg ekstensjon, lår curl og stående tå hev. Det ble utnyttet 90 sekunder pause mellom hvert sett. Gruppene økte sitt ukentlige volum progressivt for hver uke. Gruppene økte sitt volum med 1 sett per øvelse for hver uke, opp til 3 sett for lav gruppen, og 6 sett for høy gruppen. Dette gir et ukentlig volum for lav volums gruppen: framside lår 18 sett, bakside lår 12, bakside legg 12, høyt volum gruppen: Framside lår 36, bakside lår 18, bakside legg 18.

Det ble bukt dexa scanning for å måle fettfri kroppsmasse i underkroppen. Ifølge Nascimento et al., (2020) var det signifikant forskjell på gruppene i muskelvekst, men ikke i muskelstyrke. Muskelstyrke økte uavhengig av hvilket volum som ble utført. Denne studien viser ytterligere evidens for at studier som er designet for å maksimere hypertrofi ikke klarer å maksimere muskelstyrke økning. I høy volum gruppen økte de fettfrimasse i ben med 0.80kg, og i lav volum gruppen økte de 0.30kg. Ifølge Nascimento et al., (2020) viser dette et dose-response forhold mellom styrketreningsvolum og muskelvekst i damer som er i overgangsalderen. Det har vært hypotesert at et høyt volum hovedsakelig vil være gunstig for godt trente individer. Denne studien viser at et høyt ukentlig volum også kan være gunstig for muskelvekst i individer som ikke er klassifisert som godt trente.

Studien hadde en del frafall, som kan ha påvirket randomiseringen av deltakerne. Ifølge Nascimento et al., (2020) så hadde studien få deltakere, noe som kan ha svekket den statistiske analysen. En annen svakhet er at protein inntaket til deltakerne ikke ble kvantifisert. Dette ble tatt høyde for i noen grad når et av inklusjonskriteriene var at deltakerne ikke skulle bruke noen form for ernæringsmessig kosttilskudd. Deltakerne ble også informert om å

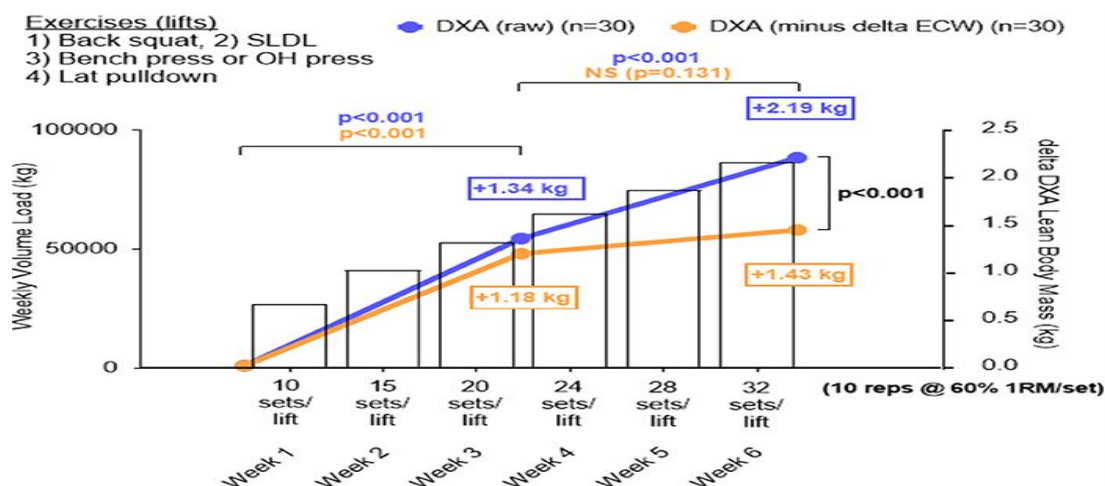
beholde sitt ordinære næringsinntak noe som ifølge Oliveria-junior vil ha dempet en mulig forskjell i protein inntak.

7.2.7 Haun et al., (2018)

Denne studien så på forskjellen mellom gradert myse-protein, myseprotein, og maltodextrine sin innvirkning på fettfri kroppsmasse og muskeltykkelse ved gjennomføring av et styrketreningsprogram med høyt volum. Volumet var da det høyeste som var studert over en periode på seks uker. 31 deltakere gjennomførte studien. Deltakerne måtte ha minimum et års treningserfaring og klare minimum 1,5 x kroppsvekt i 1RM knebøy. Deltakerne ble tilfeldig plassert i en av tre gruppe: Gradert myse-protein 11 deltakere, whey protein 10 deltakere, og malto med 10 deltakere.

Studien varte over seks uker der gruppene utførte tre økter i uken. Alle gruppene utførte det samme treningsprogrammet. Treningsprogrammet besto av øvelsene knebøy, benkpress, en fots markløft, og nedtrekk gjort på 60% av 1RM. Mandag gjorde de 4 sett x 10 repetisjoner per øvelse, onsdag gjorde de 2 sett x 10 repetisjoner per øvelse, og fredag gjorde de 4 sett x 10 repetisjoner. Dette gir et ukentlig volum for framside lår 10 sett, bryst 10 sett, triceps 10 sett, bakside lår 10 sett, rygg 10 sett, og biceps 10 sett i uke en. Volumet ble økt progressivt for hver uke, der det i uke 6 var økt til 32 sett. Deltakerne fikk 2 minutters pause mellom sett og øvelser, men dersom deltakerne ønsket lengre var det mulig å få lengre pause for å sikre at nok volum ble gjennomført. Studien brukte rir for å sikre at utmattelsen ikke ble for stor for deltakerne. Dersom deltakerne ble for utmattet for å gjennomføre settet eller økten kunne den bli terminert og en prøvde å få gjort opp for dette volumet senere i uken. Dette var tilfelle ved noen få anledninger.

Total kroppsvekt økte signifikant for alle gruppene med ingen forskjell mellom grupper. Fettfri masse økte signifikant i alle grupper med ingen forskjell mellom gruppene. Fett masse gikk signifikant ned i alle gruppene med ingen forskjell mellom gruppene, men det nærmet seg en signifikant forskjell mellom gradert myse protein og malto gruppen fra uke tre til uke seks. Fettfri masse økte signifikant fra uke en til uke tre, og fra uke tre til uke seks. Fettfri masse økte i gjennomsnitt i gruppene med 1.34kg fra uke en til etter uke tre, og deretter til 2.19kg fra uke tre til uke seks. Når økningen var kalkulert uten ekstracellulær veske så var økning 1.18kg i uke tre og 1.43kg i uke seks.



Figur 3: Her kan vi se diagrammet som var brukt i studien til Haun et al., (2018). Vi kan se at muskelmasse økte effektivt opp til uke tre, men ikke like effektivt fra uke tre til etter uke seks. Dette kan potensielt ha sammenheng med teorien om at volum følger en omvendt U-kurve

Muskeltykkelse ble målt for biceps og framside lår. Biceps økte i tykkelse og framside lår minsket fra uke en til uke fire. Deretter skjedde det omvendt, biceps minsket og framside lår økte i tykkelse fra uke fire til uke seks.

Ifølge Haun et al., (2018) hadde studien få deltakere som sådan minsker sjansen for å oppdage små, men signifikante effekter. En annen svakhet er at ikke alle deltakerne overholdt loggføring av kostholdet sitt i perioden, 60% av deltakerne overholdt loggføringen. Av de 60% som loggførte så var det ingen forskjell i total konsumert protein. Ifølge haun et al., (2018) så er en svakhet at studien bare varte i seks uker. Det var en bekymring at trening med slikt høyt volum i mer enn seks uker kunne resultere i treningsrelaterte skader. På grunn av muligheten for treningsrelaterte skader og at treningsprogrammer ofte blir organisert i tre til seks ukers blokker så ble det brukt seks uker i denne studien.

8 DISKUSJON

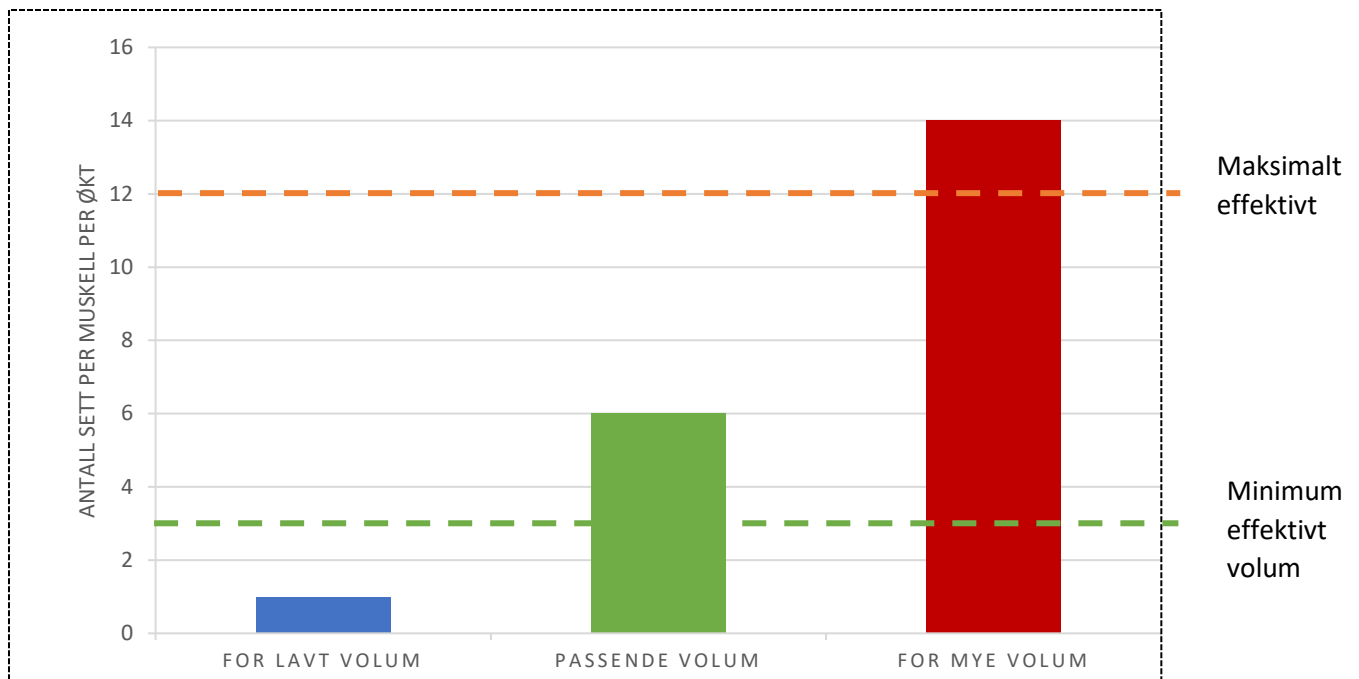
8.1 HOVEDFUNN HØYERE- VERSUS LAVERE VOLUM

Resultatene som har blitt innhentet viser at tre av studiene ikke fant økt hypertrofi med høyere volum (Theban et al., 2017; Heaselgrave et al., 2019; Aube et al., 2022). Fire av studiene fant signifikant økt hypertrofi med høyere volum (Haun et al., 2018; Schoenfeld et al., 2019; Nascimento et al., 2020; Brigatto et al., 2022). En av studiene viste til størst hypertrofi i en av tre muskelgrupper med høyest volum, selv når de andre muskelgruppene hadde bedre effekt på et lavere volum, denne økningen var ikke signifikant (Theban et al., 2017). Dette kan bety at det vil være forskjell i hvilke muskelgrupper som responderer positivt til økning av volum i en styrketreningsstudie. Ifølge Schoenfeld et al., (2017) har litteraturen ikke klart å finne hvor mye volum som er for mye, men at dette vil variere mellom individer. I denne kvalitative analysen så ble hypertrofi hovedsakelig observert i kroppens lemmer ettersom det er hovedsakelig det som har blitt undersøkt i studiene som er inkludert. Det ble funnet god respons i muskulaturen i kroppens lemmer foruten om varierende resultat på biceps. Det ble ikke funnet størst hypertrofi i biceps muskulatur i de høyeste volum gruppene (Theban et al., 2017; Heaselgrave et al., 2019). Schoenfeld et al., (2018) & Brigatto et al., (2022) så en trend til økende hypertrofi med høyere volum, men dette var ikke signifikant. Haun et al., (2018) så lignende resultat i og med at når deltakerne økte volumet over 20 sett i uken så ble graden av hypertrofi på biceps muskulatur svekket. Dette er i tråd med funnene gjort i studien av Heaselgrave et al., (2019) som også så en nedgang i hypertrofi når volumet ble økt over 20 sett i uken. Vi kan dermed se at biceps muskulatur responderer godt opp til 32 sett i uken, men dette vil ikke alltid være tilfelle. I to av de inkluderte studiene kan vi se at biceps responderer best opp til rundt 20 sett i uken, men når settene økes over 20 går graden av hypertrofisk respons per utførte sett ned.

Triceps muskulatur ser ut til å respondere godt på høyere volum (Theban et al., 2017; Schoenfeld et al., 2019; Brigatto et al., 2022). Triceps muskulatur ser ut til å følge et dose-respons forhold i alle de inkluderte studiene dette kan bety at triceps er mottakelig for svært store mengder volum, særlig opp til 32 sett i uken. Eksempelvis var det favor gruppen med lavest volum i de fleste muskelgrupper i studien Theban et al., (2017), men den største

prosentvise økningen i denne studien var funnet på triceps med 10.7% mot 5.6% i favør 10 sett gruppen.

Framsida lår ser også ut til å følge et dose-respons forhold i fire av de inkluderte studiene, og være svært mottakelig for store mengder volum opp til 45 sett i uken, når volumet blir fordelt på flere økter. Når volumet ikke ble delt opp over flere økter, men en utførte 24 sett i en økt så ble det ikke funnet et dose- respons forhold på framsida lår (Theban et al., 2017). Et interessant funn var at i en av de inkluderte studiene så en ikke et dose- respons forhold på framsida lår når volumet ble delt opp i to økter. Denne studien var gjort på godt trente individer som hadde trent minimum tre år. I denne studien finner vi størst hypertrofi i gruppen som utførte seks sett per økt, på to økter. Ifølge Damas et al., (2019) så er det et tak på hvor mange sett en burde utføre per muskel per treningsøkt, og denne er et sted mellom 8-12 sett. I studien av Aube et al., (2022) så ser vi at 9 og 12 sett per økt gir progressivt lavere grad av hypertrofi enn seks sett per økt. Dette er i kontrast til funnene gjort i studiene av Haun et al., (2018); Schoenfeld et al., (2019); Nascimento et al., (2020); Brigatto et al., (2022) som alle har over seks sett per økt. I en av disse studiene Brigatto et al., (2022) så har deltakerne 16 sett per økt fordelt på to økter, og i tre av disse Haun et al., (2018); Schoenfeld et al., (2019); Nascimento et al., (2020) har deltakerne opp imot 15 sett per økt på framsida lår over tre økter. Theban et al., (2017) utførte totalt 24 sett på en økt i 10 sett gruppen, og 14 sett på en økt i 5 sett gruppen på framsida lår. Det ble ikke funnet signifikant hypertrofi i framsida lår og baksida lår. Når en går gjennom volumet per muskel så ser en at det totale volumet på baksida lår ikke er forskjellig mellom de to gruppene, noe som forklarer at en forskjell ikke ble funnet der. For framsida lår ser vi en sammenheng med studien av Aube et al., (2022), når volumet blir for stort på en muskelgruppe i samme økt så ble det ikke funnet signifikant forskjell på hypertrofi. Skal en følge teorien til Damas et al., (2019) så kan vi se i studien av Theban et al., (2017) at 10 sett gruppen gjorde 12 sett for mye på framsida lår per økt samtidig som 5 sett gruppen gjorde 2 sett for mye.



Her er en teoretisk figur som illustrerer hvordan effekt volum per muskel per økt kan ha på hypertrofi når pauselengden er to minutter eller mer, basert på resultatet av studiene Aube et al., (2022); Heaselgrave et al., (2019) & Haun et al., (2018). Passende volum for hypertrofi per økt kan tenkes å ligge på et sted mellom tre til åtte sett per muskel per økt når, pauselengden er på to minutter eller mer. I studien av Aube et al. (2022) gikk hypertrofi ned når deltakerne utførte ni sett per økt. I studien av Heaselgrave et al., (2019) gikk hypertrofi ned når deltakerne gjorde mer enn 9 sett per økt. Dette er i samsvar med studien av Haun et al., (2018) der vi kan se at graden av hypertrofi flater ut når deltakerne begynte å gjøre over åtte sett per økt.

Vi kan altså her se at det kan være noe i teorien til Damas et al., (2019) om at det muligens finnes et tak på hvor mange sett en burde gjøre per økt. Det er tydelig at i noen tilfeller så vil det være redusert hypertrofi når en kommer opp i et visst antall volum per økt, men fire av de inkluderte studiene har opplevd god hypertrofi selv opptil 16 sett per økt. Vi kan her trekke en sammenheng med studien av Hubal et al., (2005) som har vist at man kan se en variasjon på -2 til 59% i muskelvekst av samme treningsprogram. Dette kan bety at noen grupper vil kunne finne signifikans der andre ikke gjør det. Noen kan respondere godt på 16 sett per økt, men for andre så kan det tenkes at 6 sett vil være tilstrekkelig.

Treningsintervensjonene varte fra seks uker (Theban et al., 2017; Heaselgrave et al., 2019) opptil 15 uker (Nascimento et al., 2020). Hvis vi sammenligner hypertrofi med varighet av intervensjonene, kan det overordnet se ut til at lengre treningsintervensjon, gav større grad av

hypertrofi. Årsaken kan være at ved å gjennomføre intervensjonen over en lengre periode så får muskelmasse tid til å akkumulere. Dette er i tråd med Raastad et al., (2013) som forklarer at muskelmasse kan øke lineært over tid gjennom en treningsintervensjon og en finner gjerne ikke signifikans før etter seks uker. Ifølge Damas et al., (2017) vil en se høy grad av muskelskade i starten av en treningsperiode. Denne vil gå ned utover treningsperioden. Det kan dermed tenkes at i treningsintervensjoner som går over lengre tid så har deltakerne en lengre periode å tilvenne seg treningen uten at muskelskade skal virke negativt på utfallet av treningsintervensjonen.

Denne systematiske gjennomgangen indikerer at trening med et treningsvolum opptil 45 ukentlig sett kan gi økende hypertrofi. De største prosentvise økningene på hypertrofi ser vi i gruppene med høyest antall sett. Underkroppens muskulatur responderer godt på et høyt volum i utrente og trente individer, men i trente individer som hadde trent sammenhengende i tre år, oppnådde de ikke økende hypertrofi på underkropp i gruppen med høyest volum. Hypertrofi ble hovedsakelig målt i kroppens lemmer. Ettersom det var hovedsakelig lemmene som ble målt så kan en ikke si noe definitivt om hvilken innvirkning volum har på muskulatur i for eksempel bryst, rygg eller skuldre, men fettfri masse ble målt i hele kroppen i to studier. I en av disse studiene ser vi at total fettfri masse økes i grad med et økende volum (Haun et al., 2018). I den andre studien ser en at lavere volum ga økt fettfri masse (Theban et al., 2017).

De to studiene som målte fettfri masse, har blandet resultat. En viktig forskjell er at i studien gjort av Haun et al., (2018) så ble volumet økt progressivt hver uke i studien, og at dette gav gradvis økning av fettfri masse. Dette ble også gjort i studien av Nascimento et al., (2020). Det å progressivt øke volumet over en treningsperiode er en anbefaling som har kommet i den senere tiden blant annet fra Scarpelli et al., (2022). Dersom en gradvis øker volumet kan det tenkes at kroppen tilpasser seg treningsmengden gradvis. Det kan tenkes at dette fører til at kroppen restituerer seg bedre mellom treningsøkter, og effekten ved gjennomføring og av treningen blir bedre som følge av en bedret restitusjonsprosess. En årsak til at det kan være gunstig å øke volumet gradvis kan være de negative konsekvensene en kan se dersom en trener med volum som er for høyt for personen (Foley et al., 1999). Når en starter en treningsperiode, og volumet er for høyt kan personen akkumulere så store mengder muskelskade at personen får muskelsvinn av treningsøkten, det motsatte av hypertrofi. Dette vil igjen gjøre slik at personen potensielt må bruke flere uker på å få tilbake det som ble mistet for så å videre kunne akkumulere hypertrofi. Dette kan være en faktor som er med på å påvirke utfallet av studier som undersøker store mengder volum. Dersom deltakerne får

muskelsvinn fra uke en i treningen så vil det være svært vanskelig å få signifikante funn på hypertrofi ettersom de vil være nødt til å først hente inn det de har tapt (Foley et al., 1999). Dette kan ses i sammenheng med at treningsmengden burde justeres etter individers evne til å restituere seg, og dermed kan for høyt volum virke negativt på effekten av treningen som er gjort (Rebaf, et al., 2013). Stress, genetikk, arbeidskapasitet, stresstoleranse, alder, kjønn, trenings status, og trenings historikk er faktorer som vil være med på å bestemme restitusjonspotensialet til et individ (Borresen & Lambert, 2012). Det kan tenkes at noen av deltakerne med det høyeste volumet ikke har klart å restituere seg godt nok etter treningen. Et høyere volum gir en større total treningsbelastning. Det kan være mulig at større treningsbelastning stiller større krav til å forbedre sin restitusjonsevne for å tåle den store treningsmengden, spesielt dersom en ikke er vant til å trene med høyt volum. For at en skal tilpasse seg dette volumet kan en progressivt øke volumet utover treningsperioden med for eksempel 20% per muskelgruppe per uke (Scarpelli, et al., 2022). Dette er i tråd med Haun et al., (2018) og Nascimento et al., (2020) som økte volumet gradvis fra uke til uke og så gode resultater av dette.

Det var to studier som så størst hypertrofi i gruppene som ikke utførte det høyeste volumet (Heaselgrave et al., 2019; Aube et al., 2022). Heaselgrave et al., (2019) trente utelukkende biceps og gruppen som utførte 18 sett så 9.5% mot 27 sett som så 5.4% økning. Aube et al., (2022) så størst økning i muskelmasse i gruppen med lavest volum, 12 sett gruppen økte 7.7% mot 24 sett gruppen som økte 6.1. deltakerne reduserer sitt ukentlige volum med å bli tilfeldig plassert i en gruppe med et gitt antall sett. For at en skal se framgang av styrketreningen kreves det at en progressivt øker det mekaniske draget i muskulaturen (American College of Sports Medicine, 2009). Når deltakere reduserer volumet istedenfor å øke det eller holde det likt så kan det tenkes at en ikke progressivt øker det mekaniske draget i muskulaturen, men heller reduserer det. I studien gjort av Aube et al., (2022) så reduserte flere av deltakerne sitt ukentlige volum. Eksempelvis reduserte en av ti deltakere i gruppen med det høyeste volumet sitt ukentlige volum. Dersom en reduksjon i volumet fører til redusert hypertrofi så var det i teorien ni deltakere i denne gruppen som kunne oppleve optimal hypertrofi. Når det bare er ni personer som får hypertrofi og en person som ikke opplever dette eller minsker sin muskelmasse av perioden så vil dette gi store utslag på om en ser signifikant økning i gruppen (Krieger, 2021). Dette kan være en faktor i de andre studiene som er med i denne oversiktstudien. Aube et al., (2022) er den eneste studien som har innhentet data på hvilket treningsvolum deltakerne benyttet før de deltok i studien. Det kan

tenkes at innhenting av data på hvilket tidligere treningsvolum deltakerne har benyttet skulle vært innhentet i de fleste studiene som sammenligner volum.

Både for de høyeste volum gruppene og de med lavere volum var graden av hypertrofi spredt forholdsvis bredt i de inkluderte studiene. Selv om to av studiene fant utelukkende bedre hypertrofi på, den midtre volum gruppen Heaselgrave et al., (2019), og den laveste volum gruppen i Aube et al., (2022) så finner vi de største prosentvis økningene i muskelmasse i enkelte muskelgrupper og generelt i gruppene som har det største volumet (Nascimento et al., 2020; Schoenfeld et al., 2019; Brigatto et al., 2022; Theban et al., (2017). Ifølge Schoenfeld et al., (2019) så kan mer volum utgjøre opptil 9.1% bedre hypertrofi. Brigatto et al., (2022) så lignende resultater som Schoenfeld et al., (2019) i denne studien ser vi at 32 sett mot 16 kunne utgjøre 7.3% bedre hypertrofi. For Nascimento et al., (2020) ser vi at 36 sett mot 18 sett gav 0.80kg mot 0.30kg muskelmasse, noe som er godt over det dobbelte. De største økningene i muskelmasse ble funnet i grupper som utførte over 30 sett per muskelgruppe per uke. Dette kan bety at dersom en ønsker å maksimere hypertrofi så vil det være gunstig å trene med opptil 30 sett per muskelgruppe per uke. Ser en utelukkende på disse studiene så finner en et tydelig bilde på at volum og hypertrofi følger et dose- respons forhold. I disse studiene så øker hypertrofi eksponentielt med antall ukentlige sett (Nascimento et al., 2020; Schoenfeld et al., 2019; Brigatto et al., 2022). Dette er i tråd med Schoenfeld et al., (2016) der volum og hypertrofi fulgte et dose-respons forhold opp til 10 ukentlige sett. I denne kvalitative analysen så kan vi se at selv opp mot 45 sett i uken så følger volum i noen tilfeller et dose-respons forhold.

I en av studiene så var deltakerne kategorisert som godt trente, noe som vil si at de hadde 3 års treningserfaring (Aube et al., 2022). I fem av studiene var deltakerte trente personer som har trent minimum et år (Theban et al., 2017; Haun et al., 2018; Schoenfeld et al., 2019; Heaselgrave et al., 2019; Brigatto et al., 2022) I en av studiene var deltakerne utrente kvinner i overgangsalderen (Nascimento et al., 2020). Denne kvalitative analysen har to interessante funn på hvorvidt det er en sammenheng med volum og treningserfaring. Ifølge American College of Sports Medicine, (2009) sine anbefalinger så skal en øke volumet i grad med treningserfaring der en vil utføre flere sett etter hvert som en blir bedre trent, men relativt lavt volum som nybegynner. I denne analysen så kan vi ikke si at dette er hensiktsmessig. I studien av Nascimento et al., (2020) så ble det funnet over dobbel effekt av å doble volumet i utrente kvinner. Dette er i tråd med Kumar et al., (2012) som så at eldre menn økte responsen

i muskel protein syntesen når de doblet volumet sitt. Disse funnene kan ses i sammenheng med funnene gjort i studien av Aube et al., (2022) som var gjort på godt trene individer. I denne studien så ser vi at funnene er i kontrast til anbefalingene i American College of Sports Medicine, (2009) om at en burde gjøre mer volum dersom en er bedre trent. Aube et al., (2022) fant størst økning i hypertrofi i gruppen som utførte det laveste volumet. Dette er også i tråd med Kumar et al., (2012) som så liten økning på muskel protein syntesen i yngre menn når de doblet volumet sitt. Hva som er årsaken til at en ser bedre effekt på lavere volum for godt trente individer, og bedre effekt på høyere volum for utrente individer kan en ikke si noe om i denne analysen. En kan spekulere i om det er en sammenheng med treningserfaring og mekanisk drag. Det er mulig at dersom en blir bedre trent så får en trent nervesystemet til at en får økt grad av aktivering av muskelfibrene når en gjennomfører et sett, og dermed økt mekanisk drag per utførte sett, og dermed ser god effekt på lavere volum. Derimot så kan det tenkes at utrente personer ikke har innøvd samme grad av aktivering og dermed har behov for å utføre flere sett for å få den samme mengden mekanisk drag i muskulaturen.

8.1.1 Frekvens

Tre av de fire studiene som så størst hypertrofi på et høyt volum utførte fullkroppsprogrammer (Haun et al., 2018; Schoenfeld et al., 2019; Brigatto et al., 2022). For at en skal klare å gjennomføre volum opp imot 30+ sett i uken så kan det tenkes at en vil være nødt til å trene flere muskelgrupper i samme økt. Eksempelvis overkropp og underkropp i samme treningsøkt. Vi ser at både Haun et al., (2018) & Schoenfeld et al., (2019) gjennomførte fullkroppsøkter med både underkropp og overkropp i samme økt. Begge intervensjonene utnyttet en frekvens per muskelgruppe på tre ganger i uken og utførte opp til 32 og 45 sett per muskel per uke.

Det vil også være mulig å spesifisere treningen mot for eksempel utelukkende underkropp og utføre 30+ sett i uken, det ser da ut til at en vil se god framgang med to økter i uken i utrente individer (Nascimento et al., 2020). Aube et al., (2022) hadde også en frekvens på to ganger i uken på utelukkende ben, men i godt trente individer. Gruppen med størst hypertrofi var den som utførte lavest volum. Brigatto et al., (2022) brukte en frekvens per muskelgruppe på to ganger i uken i trente individer, og så størst framgang på gruppen som utførte det høyeste volumet med 32 sett. I studien av Heaselgrave et al., (2019) så en økende hypertrofi dersom en utførte 18 sett på biceps spredt utover to dager istedenfor 9 sett på biceps utført på en dag. I studien av Theban et al., (2017) så ble det ikke funnet forskjell i gruppene med høyt eller lavt

volum, i muskelgruppene som ble trent en dag i uken. I muskelgruppene som ble trent to ganger i uken så kunne en se at triceps fikk økt hypertrofi på høyt volum, men biceps responderte bedre på lavt volum to ganger i uken.

Vi kan ikke si ut ifra resultatene som er innhentet om en vil få større utbytte av å trene med høyere frekvens enn 2-3 i uken. Vi kan heller ikke si om frekvens på tre er bedre enn to ettersom frekvens bare er variert i en av studiene, men det er ganske tydelig at frekvens på to og tre er bedre enn en (Theban et al., 2017; Heaselgrave et al., 2019). Det er en antydning til at dersom en trener med over 30 sett i uken så kan det være gunstig å spre volumet utover tre dager i trente individer, men to dager fungerer også (Schoenfeld et al., 2019; Brigatto et al., 2022). For utrente individer som trener med over 30 sett i uken så er frekvens på to ganger i uken brukt med gode resultater. For godt trente individer så ser man god hypertrofi med frekvens på to ganger i uken selv når en ikke gjør mer enn 12 sett per uke. Dette er i tråd med kjente anbefalinger fra for eksempel American College of Sports Medicine, (2009) og Schoenfeld et al., (2018). Frekvens er også en variabel som kan økes for å få akkumulert et større antall volum over en uke (Zaroni, et al., 2019) (Schoenfeld et al., 2018). Dette kommer tydelig frem i denne kvalitative analysen. Den inkluderte studien med det høyeste antallet sett per muskel per uke utnyttet også en frekvens på tre ganger i uken. Denne studien var også potensielt den studien som viste størst prosentvis hypertrofi, selv om det vil være vanskelig å konkludere med noe ut ifra prosentandelene studiene har kommet frem til så kan vi se at det er snakk om betraktelig hypertrofi (Schoenfeld et al., 2019). Vi kan også se like tendenser i studien av Haun et al., (2018) som brukte en frekvens på tre ganger i uken og progressivt økte sitt ukentlige volum. Også i denne studien ser vi svært god effekt på hypertrofi. Når vi ser på helheten av de inkluderte studiene så er det rimelig å anta at frekvens på to ganger i uken vil være tilstrekkelig for å oppnå hypertrofi når en trener med et høyt volum. Dersom en ønsker å trene med 35-45 ukentlige sett så ser vi at en kan gjøre dette og bruke en tre gangers frekvens med svært god effekt.

8.1.2 Pauselengde og Muskulær utmattelse

Hvilken pauselengde en utnytter kan påvirke det hypertrofiske signalet, muskelskade, og hvilket volum en må utføre (Henselmans & Schoenfeld, 2014; Grgic et al., 2017; Senna, et al., 2022; Longo, et al., 2022). I denne studien har det blitt utnyttet pauser på 60 sekunder – 90 sekunder i studiene Theban et al., (2017); Schoenfeld et al., (2018); Nascimento et al., (2020); Brigatto et al., (2022), 120 sekunder i Aube et al., (2022).; Haun et al., (2018), og 3 minutter i Heaselgrave et al., (2019). I denne oversikt artikkelen kan vi ikke se direkte at noen pause

lengder er bedre enn andre når en trener med et høyt volum. Studiene som så god hypertrofi på høyt volum er spredt ut i alle de inkluderte pause lengdene utenom 3 minutter. Et interessant funn var at de to studiene som så bedre hypertrofi på lavere volum begge hadde lengre pause og trente ikke til muskulær utmattelse, men trente til to rir. Disse to studiene Aube et al., (2022); Heaselgrave et al., (2019) så bedre hypertrofi i gruppene som ikke hadde det høyeste volumet. Disse studiene brukte pauselengde på 2 og 3 minutter. Dette er i samsvar med Longo et al., (2022) som viser at en vil oppdage lik hypertrofi på 1 minutt pause og 3 minutter dersom 1 minutts gruppen gjør dobbelt så mange sett. Alle gruppene i disse to studiene har hatt lik pauselengde. Dersom volum følger et dose- respons forhold i alle tilfeller så ville et sett økt hypertrofi i gruppene som utførte et høyere volum. Det kan tenkes at hvilken pauselengde en trener med vil påvirke hvorvidt flere sett vil være bedre.

Studien av Haun et al., (2018) skiller seg ut fra Aube et al., (2022) & Heaselgrave et al., (2019) ved at de i denne studien også brukte lengre pauser på to minutter, men så signifikant hypertrofi helt opp mot 32 sett. I denne studien trente deltakerne til muskulær utmattelse uten bruk av rir. Det kan tenkes at utmattelse av sentral nervesystemet har akkumulert på grunn av trening til utmattelse, noe som har gjort at det mekaniske draget per utførte sett har vært redusert i forhold til hvis en utnyttet to rir (Navarro, et al., 2017; Carroll et al., 2017). Sammenligner vi Haun et al., (2018) med Aube et al., (2022) & Heaselgrave et al., (2019) så kan det være sammenhengen med både lengre pauser og det å ikke trene til muskulær utmattelse som fører til at en kan se god framgang på et lavere volum. Det kan se ut til at det ikke vil være utelukkende pauselengden som bestemmer den hypertrofiske responsen av trening på høyt volum.

Vi har sett tidligere at sentral nervesystem utmattelse restituerer seg raskt men delvis i løpet av fem minutter etter et styrketreningssett (Carroll et al., 2017). Det er mulig at dersom en bruker korte pauser så vil ikke sentral nervesystemet være restituert tilstrekkelig til å rekruttere muskelfibrene optimalt (Carroll et al., 2017). Dette kan potensielt være med å påvirke effekten vi ser av pauselengde på volum i for eksempel studien av Longo et al., (2022) ved at en muligens vil se større grad av mekanisk drag per utførte sett i gruppen som har lengre pause ved at de vil kunne rekruttere flere muskelfibre, og lavere grad av mekanisk drag per utførte sett når pause lengden er kortere fordi sentral nervesystemet ikke er restituert tilstrekkelig. Vi kan her trekke en sammenheng til Aube et al., (2022) & Heaselgrave et al., (2019) som har brukt 2 og 3 minutter pause. Det kan tenkes at på grunn av at disse studiene har hatt lengre pause så har sentral nervesystemet restituert seg i større grad, som har gjort at

de kan rekruttere flere muskelfibre, og dermed få et større mekanisk drag per utførte sett som har resultert i økt hypertrofi (Schoenfeld, 2010). Trening til en ikke klarer å utføre flere repetisjoner vil føre til at restitusjonstiden av nervesystemet vil øke (Navarro, et al., 2017). Vi ser at både i studien av Aube et al., (2022) & Heaselgrave et al., (2019) så ble det brukt auto regulering i form av rir. Begge studiene hadde et treningsprogram som tilsa at deltakerne ikke skulle trene til muskulær utmattelse, men stoppe to repetisjoner før de ikke ville klart en til. Ved å trene med to rir så vil deltakerne i disse studiene ikke oppnå like lang restitusjonstid av sentral nervesystemet (Hickmott et al., 2022). Dette kan bety at deltakerne i disse studiene oppnådde større mekanisk drag per utførte styrketrenings sett som følger av at deltakerne klarte å rekruttere flere muskelfibre.

Ifølge Avelar et al., (2018) så ser en gradvis mindre effekt av øvelser som blir gjort senere i økten. Det vil være rimelig å forvente at antall sett en utfører vil ha samme effekt, ettersom sentral nervesystem utmattelse akkumulerer utover i økten. Dersom en utfører flere sett vil en se gradvis større grad av muskelskade som potensielt kan være negativt for hypertrofi (Hyldahl & Hubal, 2013). Det kan være en sammenheng mellom graden av mekanisk drag og hvor mye muskelskade en ser per styrketreningssett som påvirker hvor mye volum en burde trene med. I studien av Aube et al., (2022) & Heaselgrave et al., (2019) så kan det tenkes at det mekaniske draget var så stort per sett som følge av at deltakerne trente med to rir og to og tre minutter pause. Dette kan ha ført til at det ikke ble funnet økt hypertrofi i de gruppene som utførte et høyere volum på grunn av at de fikk progressivt høyere grad av muskelskade og lavere hypertrofi per sett (Foley et al., 1999). Samtidig så fikk gruppene som utførte 12 sett på underkropp (Aube et al., 2022) og 18 sett på biceps (Heaselgrave et al., 2019) tilstrekkelig mekanisk drag av å trene med dette volumet, og ikke de negative konsekvensene av å trene med et høyere volum.

Etttersom en ikke klarer å aktivere muskelfibrene optimalt når sentral nervesystemet ikke er restituert tilstrekkelig så kan det være en av årsakene til at en ser god effekt på hypertrofi ved svært høyt volum i studier som har brukt 60-90 sekunder pause. Når muskelfibrene ikke blir aktivert optimalt så vil ikke muskulaturen oppnå like stor grad av mekanisk drag, og dermed muskelskade (Carroll et al., 2017; Schoenfeld, 2010). Det kan dermed tenkes at jo tidligere en utfører et sett så vil en oppnå lavere mekanisk drag i muskulaturen og mindre muskelskade per utførte sett, som fører til at en kan trene med et høyere volum å se god hypertrofi.

Studiene som har oppnådd størst hypertrofi med mest volum har alle trent til muskulær utmattelse som vi har sett øker restitusjonstiden til sentral nervesystemet (Navarro, et al.,

2017). Det kan tenkes at en kombinasjon av å trene til muskulær utmattelse og utnytte korte pauser kan ha en akkumulerende negativ effekt på restitusjonstiden til sentral nervesystemet. Det kan derfor bety at studier som har brukt korte pauser og trent til muskulær utmattelse vil ha redusert sin evne til å rekruttere muskelfibrene betraktelig, og dermed redusert sitt mekaniske drag per utførte sett. I denne kvalitative analysen har vi sett at tre av de fire studiene med høyest volum, og god framgang har brukt korte pauser (Schoenfeld et al., 2019; Nascimento et al., 2020; Brigatto et al., 2022). Dette er i tråd med studien av Longo et al., (2022) som fant evidens for at en kan trene med korte pauser, gjøre et større volum, og se like god hypertrofi som om en gjør mer volum og lengre pauser. Dette kan være på grunn av at en vil se lavere mekanisk drag dersom en oppnår større grad av utmattelse gjennom økten (Navarro, et al., 2017). Det er usikkert om funnene i studien av Longo et al., (2022) er overførbart til studier på høyt volum ettersom det høyeste volumet som ble utført var seks ukentlige sett per muskel. I studien av Longo et al., (2022) ville muligens ikke muskelskade eller restitusjon vært et problem mellom øktene som følge av det lave volumet.

Tre av studiene i denne systematiske oversikten skiller seg ut med at deltakerne trente med opptil 16 sett per muskel per økt, med frekvens på to eller tre dager, og så svært god hypertrofi (Schoenfeld et al., 2019; Nascimento et al., 2020; Brigatto et al., 2022). Intervensjonene hadde deltakerne til å trene hver øvelse til muskulær utmattelse istedenfor å for eksempel bruke rir for å justere graden av utmattelse, og disse utnyttet 60-90 sekunders pause mellom sett, og 2 minutter mellom øvelser. Vi har sett at trening til muskulær utmattelse kan redusere det totale volumet en klarer å gjennomføre, og dermed svekke den hypertrofiske responsen (Navarro, et al., 2017; Gorostiaga, et al., 2012; Willardson, 2007; Salles et al., 2012). Det er mulig at i disse studiene så ble volum mengden redusert betraktelig gjennom at deltakerne trente til muskulær utmattelse og gjennomførte korte pauser. Det kan tenkes at i disse studien var deltakerne nødt til å gjennomføre flere sett per muskel per økt, for å se betraktelig hypertrofi. Dette fordi intervensjonen var satt sammen slik at volum mengden ble redusert (Salles, et al., 2009). Potensielt kan en ha oppnådd samme volum mengde dersom en hadde gjennomført færre sett som ikke ble gjort til muskulær utmattelse, og utnyttet lengre pauser. Dette er i tråd med funnene gjort av Longo et al., (2022) som ser at flere sett må bli utført dersom en bruker pauser på 1 minutt. En annen mulighet kan være at ved å gjennomføre treningen på denne måten så fikk ikke deltakerne høyt mekanisk drag per utførte sett fordi utmattelsen var høy før et nytt sett ble gjennomført og på denne måten så kunne de gjennomføre slike store mengder volum med god effekt (Carroll et al., 2017). Når en

sammenligner utfallet av disse tre studiene med studiene av Heaselgrave et al., (2019) og Aube et al., (2022) så er det grunn til å tro at ved å strukturere treningsprogrammet til å redusere utmattelse ved å utnytte pauser over to minutter og trene med to rir så kan en potensielt oppnå god effekt selv på lavere volum dersom det mekaniske draget er større per sett, om denne effekten er lik eller eventuelt bedre enn ved høyere volum kan en ikke vite utifra denne kvalitative analysen.

8.2 VOLUM OG SAMMENHENGEN MED FREKVENNS, PAUSELENGDE, MUSKULÆR UTMATTELSE OG RESTITUSJON

En hypotese er at dersom en skal trene med store mengder volum så vil det være gunstig å øke frekvensen (Dankel et al., 2017) Også ifølge Damas et al., (2015) kan det tenkes at trente personer burde trene med høyere frekvens for å bedre hypertrofi fremgangen sin. Det ser også ut til at hypertrofi responsen av å gjøre flere enn 8-12 sett per muskel per økt er redusert betraktelig når en har pauselengder på to minutter (Damas, et al., 2019). Dersom maksimal hypertrofi er ønskelig, spesielt i trente individer, kan det tenkes at dersom en skal trene med et høyt antall sett i uken så burde en dele volumet utover uken for å ikke trene med mer enn 8-12 sett per muskel per økt. Ifølge Schoenfeld et al., (2018) så blir ikke hypertrofi påvirket av frekvens når volum er likestilt. Samtidig kan frekvens brukes for å akkumulere et større antall volum (Schoenfeld et al., 2018). Dersom volum følger et dose-respons forhold ser vi at frekvens er et verktøy en kan bruke for å øke volum, og dermed hypertrofi. Dette fordi at når en ønsker å akkumulere et større volum i uken, så vil det være fordelaktig å unngå de negative virkningene et høyt volum per økt har. En kan derfor redusere antall sett en utfører per økt per muskelgruppe, men utføre settene flere ganger i uken. Dette vil gjøre at responsen per utførte sett vil være bedre trolig fordi en vil akkumulere mindre muskelskade på en gitt muskelgruppe i en økt (Hyldahl & Hubal, 2013; Damas et al., 2019). Vi har sett at graden av hypertrofi som oppstår i en treningsøkt blir redusert utover i økten av antall øvelser som blir gjort, og det er rimelig å anta at dette også gjelder for antall utførte sett (Avelar, et al., 2018). Dersom en reduserer effekten utover i økten så kan det tenkes at det ikke vil være forskjell på om en utfører for eksempel 20 sett på flere forskjellige muskelgrupper eller om en utfører 20 sett på en og samme muskelgruppe fordi netto hypertrofi vil være lik fordi i begge tilfeller vil hypertrofi bli redusert utover i økten. Dette ble ikke funnet i studien av Theban et al., (2017) som så dårlig effekt ved 24 utførte sett på en muskelgruppe på en og samme økt. Det ble heller ikke funnet i Aube et al., (2022) der den høyeste volum gruppen trente med 12 sett per

muskel per økt. Vi kan også se det samme resultatet i studien av Heaselgrave et al., (2019). I denne studien trente 27 sett gruppen med 14 sett dag en og 13 sett dag to, noe som vil være godt over anbefalingene til Damas et al., (2019), mens 18 sett gruppen som så størst hypertrofi trente med 9 sett begge øktene. Årsaken til at en ser redusert hypertrofi når sett volumet per økt blir for høyt er trolig på grunn av sammenhengen muskelskade som økes gradvis når en gjør flere sett, har med at muskelen trolig får redusert evne til å aktivere muskelfibre for å produsere et mekanisk drag i muskulaturen når muskelskade økes (Carroll et al., 2017; Hyldahl & Hubal., 2013). Denne sammenhengen mellom muskelskade og redusert mekanisk drag er noe som oppstår i den muskelgruppen som blir trent. Det vil derfor være gunstig å gjøre færre sett per muskel per økt, men spre volumet utover uken og heller trene flere muskelgrupper i en og samme økt.

Det er tydelig at når volumet er likestilt, slik det ofte er i randomiserte kontrollerte studier på frekvens, så ser en ikke økt hypertrofi dersom frekvensen to ganger i uken (Schoenfeld, Krieger, & Grgic, 2018). Det kan tenkes at dersom en skal trene på høye mengder volum så vil det være gunstig å spre volumet ut over uken, mer enn det som har blitt gjort i de inkluderte studiene i denne analysen. En god grunn for å øke frekvensen, er for å øke volum mengden en klarer å utføre i en økt (Schoenfeld et al., 2018). Dette er i tråd med funnene i studien av Zaroni et al., (2019), i denne studien ga høyere frekvens økt hypertrofi når volumet ikke var likestilt. Det er derfor rimelig å poengtere at fremtidige studier som ønsker å se på trening på høyt volum burde muligens ta høyde for at det finnes et tak for hvor mange sett en burde gjøre i en gitt økt, og dersom en undersøker volum langt over dette taket så vil dette potensielt redusere effekten en ser på hypertrofi ved trening på høyt volum (Damas, et al., 2019). Skal en øke frekvensen over tre ganger per muskel per uke så er det antakeligvis et større behov for å redusere mengden muskelskade en påfører muskulaturen per økt for at en skal kunne trene oftere og ikke kompromittere ytelses evnen til neste økt (Navarro, et al., 2017). For å redusere mengden muskelskade en opplever av en økt så er det flere tiltak en kan gjøre. Et tiltak kan være å ikke trene til muskulær utmattelse. Trening til muskulær utmattelse vil redusere ytelses evnen til muskulaturen i den gitte økten, men også føre til økt grad av muskelskade (Navarro, et al., 2017). I stedet for å trene til muskulær utmattelse så kan en benytte seg av den intensitets regulerende metoden rir. Ved å bruke rir så vil en ikke oppleve de negative virkningene av å trene til muskulær utmattelse, dersom en trener til rir 2-4 (Helms et al., 2016). Dersom en ikke skal gjennomføre en ny økt på samme muskulatur i løpet av 2-3 dager så har det antageligvis ikke veldig mye å si med tanke på hypertrofi. Men når det er

hensiktsmessig å redusere restitusjonstiden av treningen så vil det være et nyttig verktøy. Derfor kan en gjerne ha to rir når en skal trene på høyt volum med høy frekvens (over tre ganger i uken). Pauselengde vil også potensielt påvirke graden av muskelskade slik vi har sett i studien av Senna et al., (2022) der et minutt pause ga høyere grad av muskelskade enn tre minutter. Hvis det er et behov å redusere muskelskade, slik det trolig er ved trening på høyt volum og frekvens så vil det være hensiktsmessig å utnytte lengre pauser, opptil tre minutter. Det kan tenkes at muskelskade som eventuelt oppsto i studiene Schoenfeld et al., (2019); Nscumento et al.,(2020) & Brigatto et al., (2022) som følger av de korte pausene ikke virket negativt på hypertrofi ettersom de trente med frekvens på to til tre ganger i uken. Noe som vil gi en pauselengde for hver muskelgruppe på 48 til 72 timer. Dette kan ses i sammenheng med studien av Sasaki et al., (2007) som ikke fant ytterligere muskelskade ved å gjennomføre en ny treningsøkt 48 timer etter en treningsøkt i mus. Deltakerne i studiene Schoenfeld et al., (2019) & Brigatto et al., (2022) var gjort på trente individer, det er rimelig å tro at trente individer vil restituere seg raskere etter en gjennomført treningsøkt enn utrente individer eller mus som i studien av Sasaki et al., (2007). Muskelskade som følge av korte pauser var nok ikke et problem mellom øktene i disse studiene. Skulle de derimot spredt volumet utover flere dager, og gjennomført korte pauser så er det rimelig å tro at hypertrofi ville vært kompromittert. Det vil potensielt vært nødvendig med lange pauser for å se like gode resultater på hypertrofi ved svært høyt volum og frekvens over tre ganger i uken. Dette kan virke motstridende til det vi ser i studien av Aube et al., (2022) & Heaselgrave et al., (2019) ved første øyekast. En av de inkluderte studiene som også trente med to minutters pause, og volum opp imot 34 ukentlige sett så god framgang på hypertrofi, i motsetning til studien av Aube et al., (2022) & Heaselgrave et al., (2019) som også brukte to minutters pause lengde. En av årsakene til at en ser god hypertrofi på et høyt volum i denne studien i motsetning til de to andre kan være på grunn av at volumet ble progressivt økt, og at dette gjorde slik at en kunne bruke to minutters pause selv på et svært høyt volum fordi deltakerne tilpasset seg treningsmengden bedre uten de negative konsekvensene (Foley et al., 1999; Scarpelli, et al., 2022) Dette kan ses i sammenheng med at det ble vist at når en utførte en tilvenningsperiode så ble det vist lavere grad av muskelskade (Flann et al., 2011).

Ved å spre volumet bredt utover uken vil kroppen tilpasse seg dette treningsmønsteret å beskytte seg til en viss grad mot videre muskelskade (McHugh, 2003). Selv om kroppen tilpasser seg treningsmønsteret vil en trolig se muskelskade fra en økt selv med høy frekvens. Det vil derfor være nødvendig å vite om en er restituert når en utfører et

styrketreningsprogram over flere dager. Dette vil således være viktig både når en trener med lavt volum, men også høyt volum. Derfor skal det bli presentert en alternativ metode for å monitorere restitusjon. Når en utfører en styrketreningsøkt så vil en se redusert kapasitet i muskulaturen i form av at styrken er redusert (Carroll et al., 2017). Dette vil si at når en har utført en treningsøkt så vil styrken være svekket i enn viss tid etter økten. Hvor lang tid denne reduksjonen vil være tilstede vil være svært individuelt, og kan bli påvirket av søvn, stress, treningserfaring, kosthold, og genetik (Borresen & Lambert, 2012). Denne reduksjonen i styrke er noe vi kan bruke for å vite om vi er resituert å kan fortsette med det samme treningsprogrammet. For eksempel om en trener Knebøy mandag, Lår press onsdag, og leg ekstensjon fredag vil det være nødvendig å notere seg hvor mange sett og repetisjoner en utfører og på hvilken vekt dette blir gjort. Hvis en utfører knebøy med 80kg på 10 repetisjoner, leg press 100kg på 12 repetisjoner, og leg ekstensjon 50kg 15 repetisjoner en uke så skal en neste uke ikke se reduksjon i antall repetisjoner i disse øvelsene dersom en utfører med samme vekt. Dersom en øker vekten på en eller flere av øvelsene med den minste mulige økningen så skal en potensielt klare samme antall repetisjoner eventuelt noen færre, men dette kommer ann på hvor mye den minste økningen tilsvarte. Dette kan bety at i uke to så utfører en 82,5kg knebøy, klarer en i nærheten av like mange repetisjoner som uken før vil dette være bra. Klarer en like mange repetisjoner på leg press og leg ekstensjon som uken før vil en trolig ha vært restituert mellom øktene. Klarer en å øke vekten på samtlige øvelser i uke to å holde seg nært repetisjonsantallet en utførte uken før så har en ved stor sansynelighet vært restituert mellom øktene. Hvis en ser reduksjon i antall repetisjoner så vil en potensielt ha trent når en ikke var restituert å dermed ikke ha oppnådd hypertrofi av øktene (Carroll et al., 2017). Det vil være store daglige svigninger i hvilken ytelse en klarer å ha på trening så dette vil være noe en burde monitorere over flere økter, og ikke konkludere med at treningsprogrammet ikke fungerer etter bare en uke (Hickmott, Chilibeck, Shaw, & Butcher, 2022).

9 STYRKER OG BEGRENSNINGER MED DENNE STUDIEN

9.1 STYRKER

Det eksisterer store mengder informasjon om forskjellige treningsmetoder for å skape hypertrofi, som gjør det vanskelig å holde seg oppdatert på all informasjonen. Denne oppgaven ser på foreliggende informasjon om noen av de forskjellige treningsvariabler som

vil påvirke hypertrofi, og har sett på disse i lys av trening på et høyt volum. Ved å gjennomføre denne studien på en kvalitativ måte har det vært mulig å se på dette fagområdet med et bredere perspektiv som har ført til at en har hatt mulighet til å se på flere variabler rundt det som påvirker effekten av trening og volum. Studien har vært ressursbesparende ved å gjennomføre den på denne måten i forhold til om det skulle vært gjort en intervensjonsstudie. Studiet har den furdelen at den har fått innhentet de fleste om ikke alle studiene som har vært gjort i dette tidsrommet på et høyt treningsvolum.

9.2 BEGRENSNINGER

En begrensning til denne studien er at den er basert på tidligere forskning gjort på feltet, og det er et begrensende antall studier som er gjennomført på et svært høyt volum.

Videre ble analysen av studiene utført av kun en person som kan ha påvirket vinklingen av studien på grunn av forutatte meninger på fagområdet. Det vil også være et svakhet at utvelgelsen av litteratur har blitt gjort av kun en person. Derimot så var dette en selvstendig masteroppgave, hvor dette var uungåelig.

10 PRAKTISK ANVENDELSE

Volum og hypertrofi følger en omvendt u-kurve når muskulaturen er restituert tilstrekkelig mellom sett. Dersom muskulaturen ikke er restituert i stor grad så vil volum følge et dose-respons forhold, uten at vi kan finne et tak på hvor mye volum som er for mye i uken i disse tilfellene. Det ser ut til at volum og hypertrofi følger et dose-respons forhold i triceps, framside lår, men ikke biceps. Biceps ser ut til å nå et punkt hvor videre volum ikke fører til ytterligere hypertrofi. Dette volumet er rundt 18-20 sett når pauselengden er på to minutter i trente individer. Dersom pauselengden er på et minutt ser det ut til at en kan trene på et høyere volum opp mot 32 sett, selv når en gjennomfører både etledd- og flerleddsøvelser på biceps. For triceps og framside lår ser en at volum og hypertrofi følger et dose-respons forhold. I disse muskelgruppene ser vi god hypertrofi helt opp mot 45 ukentlige sett når pauselengden er mellom 60-120 sekunder. For godt trente individer som utnytter to rir og to minutter pause så finner en ikke et dose-respons forhold på framside lår. I disse individene ser det ut til at et treningsprogram med lavere volum helt ned i 12 sett er tilstrekkelig for optimal hypertrofi. Dette kan komme av at en akkumulerer et større mekanisk drag per utførte sett ved å bruke to

rir, to minutter pause, og er godt trent. Det ser for øvrig ut til at uansett treningserfaring så vil den hypertrofiske responsen per utførte sett økes dersom en ikke trener til muskulær utmattelse og bruker lengre pauser på to minutter eller mer. Det ser ut til at en kombinasjon av korte pauselengder og trening til muskulær utmattelse fører til at en kan trene på svært høyt volum med god effekt. Det vil være mulig å trene på høyt volum med pauser på to minutter dersom en progressivt øker volumet utover treningsperioden.

Utrente individer vil ha god effekt av å trene med et høyt volum for å øke den hypertrofiske responsen. Det kan tenkes at en kombinasjon av ett- og flerleddsøvelser vil være positivt i disse individene. For trente individer kan en kombinasjon av ett- og flerleddsøvelser på full og lang muskellengde potensielt gi en mer helthetlig muskulær hypertrofi ettersom muskelvekst kan oppstå spesifikke plasser i muskulaturen. En må være varsom ved å kombinere dette på grunn av at det potensielt kan gi økt grad av muskelskade. Progressivt økning av volum utover i treningsprogrammet kan være en god strategi for å tilvenne seg treningen på et høyere volum, men vi kan også se at det er mulig å starte treningen på et høyt volum når pauselengden er 60-90 sekunder.

Frekvens på to til tre dager i uken ser ut til å fungere godt, men en dag i uken blir for lite. Ønsker en å akkumulere et høyere volum kan en trene på høyere frekvens. Eksempelvis kan 30 sett i uken per muskel per uke bli fordelt over fire dager istedenfor to der en utfører 6-8 sett per økt per muskel. I dette eksempelet kan det være gunstig å bruke 6 sett de dagene en gjør øvelser som blir utført på lange muskellengder, og 8 sett de dagene en ikke utfører mange sett på lange muskellengder ettersom det har blitt vist å gi økt muskelskade. Dersom en ønsker å utføre flere enn 30 sett, for eksempel 40 sett per muskel per økt kan en dele dette opp med 8 sett per økt per muskel over 5 dager. Det vil da være gunstig med lange pauser, opptill 3 minutter for å minske muskelskade. Det kan også tenkes at en burde gjøre utelukkende flerleddsøvelser en dag, isolasjonsøvelser en dag og trening på lange muskellengder en dag for å minske graden av muskelskade ettersom en ser forhøyet muskelskade ved utføring av flerleddsøvelser og isolasjonsøvelser i en økt. Eksempelvis for triceps kan en gjøre 4 sett benkpress og 4 sett pushups dag 1, 4 sett med to triceps nedpress varianter dag 2, og 4 sett med to triceps press varianter bak hodet dag 3, for å få trent på lang muskellengde, så repeterer en dette ut uken slik at det blir fem økter på en uke med totalt 40 sett på triceps.

11 KONKLUSJON

Funnene i denne kvalitative analysen er som følger: En kan forvente svært varierende respons på hypertrofi av å trene med over 20 ukentlige sett. I noen tilfeller kan en doble muskelveksten, mens i andre tilfeller kan en redusere muskelveksten av å trene på et for høyt volum. Responsen av å trene på et høyt volum blir påvirket av treningsprogrammet og treningserfaring. Det virker til at i hvilken grad sentral nervesystemet og muskulaturen er restituert når en gjennomfører et styrketreningssett i en treningsøkt vil påvirke hvilken grad av hypertrofi en får per utførte sett. Dette fører til at det er et tak på hvor mange sett en burde utføre per økt når en bruker pauser på to minutter eller mer og trener til to rir.

Treningsprogram som er satt sammen på denne måten vil føre til økt hypertrofi per utførte sett, men også økt muskelskade som vil føre til at volum følger en omvendt u-formet kurve. Dersom en trener med korte pauser på 60-90 sekunder og trener til muskulær utmattelse ser det ut til at volum følger et dose-respons forhold, ikke en omvendt u-formet kurve.

Progressiv økning av volumet vil gjøre slik at en tilpasser seg treningen bedre, og en kan trene med store mengder volum selv om pauselengden er to minutter.

Videre har majoriteten av RCT studier som er gjort på et høyt volum et design der de bruker korte pauser, og trener til muskulær utmattelse. For videre forskning anbefales RCT design der pauselengder er over tre minutter, en ikke trener til muskulær utmattelse, og en progressivt øker volumet. Således kunne det være hensiktsmessig å se på svært høyt volum når en utfører frekvens på mer enn tre ganger i uken.

12 REFERANSER

- American College of sports medicine. (2009, Mars). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sport and exercise*, pp. 687-708.
- Atherton, P. J., & Smith, K. (2012, Januar 31). Muscle protein synthesis in response to nutrition and exercise. *The Journal Of Physiology*.
- Austria, B. W.-J. (2021, Februar 26). *Accelerate Learning Community*. Retrieved from Improvement: <https://accelerate.uofuhealth.utah.edu/improvement/what-is-evidence-based-practice>
- Avelar, A., Ribeiro, A. S., Nunes, J. P., Schoenfeld, B. J., Papst, R. R., Trindade, M. D., . . . Cyrino, E. S. (2018, September). Effects of order of resistance training exercises on muscle hypertrophy in young adult men. *Journal of applied physiology nutrition and metabolism*.
- Bartolomei, S., Lanzoni, I. M., & Michele, R. D. (2022, Januar 4). Two vs. One Resistance Exercise Sessions in One Day: Acute Effects on Recovery and Performance. *Research quarterly for exercise and sport*.
- Bazgir, B., Fathi, R., Valojerdi, M. R., Mozdziak, P., & Asgari, A. (2016, September 26). Satellite Cells Contribution to Exercise Mediated Muscle Hypertrophy and Repair. *Cell journal* , pp. 473-484.
- Beardsley, C. (2018, November 14). *What determines mechanical tension during strength training?* Retrieved from Sandcresearch: <https://sandcresearch.medium.com/what-determines-mechanical-tension-during-strength-training-acdf31b93e18>
- Beardsley, C. (2019, september 3). *Medium*. Retrieved from Sandcresearch: <https://sandcresearch.medium.com/why-is-it-easy-to-believe-that-metabolic-stress-triggers-hypertrophy-even-when-it-does-not-2928928a431>
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2012, Oktober 23). The Quantification of Training Load, the Training Response and the Effect on Performance. *Sports Medicine*, pp. 779-795.
- Burd, N. A., Holwerda, A. M., Selby, K. C., West, D. W., Staples, A. W., Cain, N. E., . . . Phillips, S. M. (2010, August 13). Resistance exercise volume affects myofibrillar protein synthesis and anabolic signalling molecule phosphorylation in young men. *The journal of physiology*, pp. 3119-3130.
- Carroll, T. J., Taylor, J. L., & Gandevia, S. C. (2017, Mai 1). Recovery of central and peripheral neuromuscular fatigue after exercise. *Journal of applied physiology*, pp. 1068-1076.
- Damas, F., Angleri, V., Philips, S., Witard, O. C., Ugrinowits, C., Santaniello, N., . . . Lixandrao, M. E. (2019, July 3). Myofibrillar protein synthesis and muscle hypertrophy individualized responses to systematically changing resistance training variables in trained young men. *Journal of applied physiology*, pp. 806-815.
- Damas, F., Libardi, C. A., & Ugrinowitsch, C. (2017, Desember 27). The development of skeletal muscle hypertrophy through resistance training: the role of muscle damage and muscle protein synthesis. *European journal of applied physiology*, pp. 485-500.
- Damas, F., Phillips, S. M., Libardi, C. A., Vechin, F. C., Lixandrao, M. E., Jannig, P. R., . . . Carlos, U. (2016, May 24). Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein

- synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. *The journal of physiology*, pp. 5209-5222.
- Damas, F., Phillips, S., Vechin, F. C., & Ugrinowitsch, C. (2015, Mars 06). A Review of Resistance Training-Induced Changes in Skeletal Muscle Protein Synthesis and Their Contribution to Hypertrophy. *Journal of Sports Medicine*, pp. 801-807.
- Dankel, S. J., Mattocks, K. T., Jessee, M. B., Buckner, S. L., Mouser, G. J., Counts, B. R., . . . Loenneke, J. P. (2017, Mai). Frequency: The Overlooked Resistance Training Variable for Inducing Muscle Hypertrophy? *Sports Medicine*, pp. 799-805.
- Dias, M. R., Ratamess, N., & Saavedra, F. F. (2017, September). Influence of a personal trainer on self-selected loading during resistance exercise. *Journal of strength and conditioning research*, pp. 1925-1930.
- Drinkwater, E. J., Lawton, T. W., Lindsell, R. P., Pyne, D. B., Hunt, P. H., & Mckenna, M. J. (2005, Mai). TRAINING LEADING TO REPETITION FAILURE ENHANCES BENCH PRESS STRENGTH GAINS IN ELITE JUNIOR ATHLETES. *Journal of Strength and Conditioning Research*, pp. 382-388.
- Eneko, B.-V., Maelán, F.-V., & Jordan, S.-C. (2021, Mars). Total Number of Sets as a Training Volume Quantification Method for Muscle Hypertrophy: A Systematic Review. *Journal of strength and conditioning research*, pp. 870-878.
- Flann, K. L., LaStayo, P. C., McClain, D. A., Hazel, M., & Lindstedt, S. L. (2011, Februar 15). Muscle damage and muscle remodeling: no pain, no gain? *Journal of experimental biology*, pp. 674-679.
- Foley, J. M., Jayarman, R. C., Prior, B. M., Pivarnik, J. M., & Meyer, R. A. (1999, Desember). MR measurements of muscle damage and adaptation after eccentric exercise. *Journal of applied physiology*.
- Garthe, I. (2011). Acute and long-term weight loss. *DISSERTATION FROM THE NORWEGIAN SCHOOL OF SPORT SCIENCES*.
- Gorostiaga, E. M., Navarro-Amézqueta, I., Calbet, J. L., Ylva, H., Roser, C., Mario, G., . . . Mikel, I. (2012, July 13). Energy Metabolism during Repeated Sets of Leg Press Exercise Leading to Failure or Not. *PLOS ONE*.
- Grgic, J., Lazineca, B., Mikulic, P., Krieger, J., & Schoenfeld, B. J. (2017, Juni). The effects of short versus long inter-set rest intervals in resistance training on measures of muscle hypertrophy: A systematic review. *European journal of sports science*, pp. 1-11.
- Grieg, L., Hemingway, B. S., Aspe, R. R., Cooper, K., Comfort, P., & Swinton, P. A. (2020, August 19). Autoregulation in resistance training: Addressing the Inconsistencies. *Sports Medicine*, pp. 1873-1887.
- Hayao, O., Loenneke, J. P., Buckner, S. L., & Abe, T. (2016, Mars). Muscle growth across a variety of exercise modalities and intensities. *Medical Hypotheses*, pp. 22-26.
- Heaselgrave, S. R., Blacker, J., Smeuninx, B., McKendry, J., & Breen, L. (2019, Mars 1). Dose-Response Relationship of Weekly Resistance-training Volume and Frequency on Muscular Adaptations in Trained Men. pp. 360-368.

- Helms, E. R., Cronin, J., Storey, A., Zourdos, M. C., & Schoenfeld, B. (2016, August). Application of the Repetitions in Reserve-Based Rating of Perceived Exertion Scale for Resistance Training. *Strength and conditioning journal*, pp. 42-49.
- Henselmans, M., & Schoenfeld, B. J. (2014, July 22). The Effect of Inter-Set Rest Intervals on Resistance Exercise-Induced Muscle Hypertrophy. *Journal of Sports Medicine*, pp. 1635-1643.
- Hickmott, L. M., Chilibeck, P. D., Shaw, K. A., & Butcher, S. J. (2022). The Effect of Load and Volume autoregulation on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*.
- Hubal, M. J., Gordish-Dressman, H., Thompson, P. D., Price, T. B., Hoffman, E. P., Angelopoulos, T. J., . . . Clarkson, P. M. (2005, June). Variability in Muscle Size and Strength Gain after Unilateral Resistance Training. *Medicine & Science in sports & exercise*, pp. 965-972.
- Hyldahl, R. D., & Hubal, M. J. (2013, September 13). Lengthening our perspective: Morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. *Muscle & Nerve*, pp. 155-170.
- Jones, B. H., Cowan, D. N., & Knapik, J. J. (1994, September 18). Exercise, training and injuries. *Journal of sports medicine*, pp. 202-214.
- Kumar, V., Atherton, P. J., Selby, A., Rankin, D., Williams, J., Smith, K., . . . Rennie, M. J. (2012, November). Muscle Protein Synthetic Responses to Exercise: Effects of Age, Volume, and Intensity. *The journals of gerontology*, pp. 1170-1177.
- Lasevicius, T., Ugrinowitsch, C., Schoenfeld, B. J., Roschel, H., Tavares, L. D., & souza, E. O. (2018, Mars 22). Effects of different intensities of resistance training with equated volume load on muscle strength and hypertrophy. *European Journal of sports science*, pp. 772-780.
- Lauersen, J. B., Andersen, T. E., & Andersen, L. B. (2018, July 23). Strength training as superior, dose-dependent and safe prevention of acute and overuse sports injuries: a systematic review, qualitative analysis and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, pp. 1557-1563.
- Longo, A. R., Silva-Batista, C., Pedroso, K., de Salle, V. P., Lasevicius, T., Schoenfeld, B. J., . . . Teixeira, L. E. (2022, Juni). Volume Load Rather Than Resting Interval Influences Muscle Hypertrophy During High-Intensity Resistance Training. *journal of strength and Conditioning Research*, pp. 1554-1559.
- Lopez, P., Radaelli, R., Taaffe, D. R., Newton, R. U., Galvao, D. A., Trajano, G. S., . . . Pinto, R. S. (2020, Desember 26). Resistance Training Load Effects on Muscle Hypertrophy and Strength Gain: Systematic Review and Network Meta-analysis. *Medicine and science in sports and exercise*, pp. 1206-1216.
- Marshall, P. W., McEwen, M., & Robbins, D. W. (2011, Mars 31). Strength and neuromuscular adaptation following one, four, and eight sets of high intensity resistance exercise in trained males. *European Journal of Applied Physiology*, pp. 3007-3016.
- McBride, J. M., McCaulley, G. O., Cormie, P., Nuzzo, J. L., Cavill, M. J., & Triplett, N. T. (2009, Januar). Comparison of Methods to Quantify Volume During Resistance Exercise. *The journal of Strength and Conditioning research*, pp. 106-110.
- McGardle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*. Baltimor: Wolters Kluwer Health.

- McHugh, M. P. (2003, Mars 13). Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, pp. 88-97.
- McMahon, G. E., Onambele Pearson, G. L., Morse, C. I., Burden, A. M., & Keith, W. (2012, June 14). How Deep Should You Squat to Maximise a Holistic Training Response? Electromyographic, Energetic, Cardiovascular, Hypertrophic and Mechanical Evidence. *Electrodiagnosis in new frontiers of clinical research*.
- McMahon, G., & Onambélé-Pearson, G. L. (2013, April). Impact of Range of Motion During Ecologically Valid Resistance Training Protocols on Muscle Size, Subcutaneous Fat, and Strength. *The Journal of Strength and Conditioning Research*.
- Morton, R. W., Murphy, K. T., McKellar, S. R., Schoenfeld, B. J., Henselmans, M., Helms, E., . . . Phillips, S. M. (2017, July 11). A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British Journal of sports medicine*, pp. 376-384.
- Murphy, C., & Koehler, K. (2022, Januar). Energy deficiency impairs resistance training gains in lean. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*.
- Navarro, R. M., Pérez, C. E., Rodríguez, R. M., Cruz-Sánchez, E. D., José, J. G.-B., Sánchez-Medina, L., & Pallarés, J. G. (2017, September 30). Time course of recovery following resistance training leading or not to failure. *European Journal of Applied Physiology*, p. 2017.
- Netreba, A., Popov, D., Bravyi, Y. R., & Vingradova, O. L. (2013, Mars). Responses of knee extensor muscles to leg press training of various types in human. *n Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal imeni I.M. Sechenova*.
- Nosaka, K., & Clarkson, P. M. (1995, september 27). Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, pp. 1263-9.
- Oranchuk, D. J., Storey, A. G., Nelson, A. R., & Cronin, J. B. (2018, August 1). Isometric training and long-term adaptations: Effects of muscle. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*.
- Pedrosa, F. G., Lima, F. V., Schoenfeld, B. J., Lacerda, L. T., Simoes, M. G., Pereira, M. R., . . . Chagas, M. H. (2021, Mai 12). Partial range of motion training elicits favorable improvements in muscular adaptations when carried out at long muscle lengths. *European Journal of sports science*.
- Peterson, M. D., Rhea, M. R., & Alvar, B. A. (2005, Desember). Applications of the Dose-Response for Muscular Strength Development: A Review of Meta-Analytic Efficacy and Reliability for Designing Training Prescription. *The journal of strength and conditioning research*, pp. 950-8.
- Phillips, S. M., & Loon, L. J. (2011). Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. *journal of sports science*.
- Radaelli, R., Fleck, S. J., Leite, T., Leite, R. D., Pinto, R. S., Fernandes, L., & Simão, R. (2015, Mai 29). Dose-response of 1, 3, and 5 sets of resistance exercise on strength, local muscular endurance, and hypertrophy. *Journal of strength and conditioning research*, pp. 1349-1358.

- Rebaf, H., Chtourou, H., Zarrouk, N., Harzallah, A., Kanoun, I., Dogui, M., . . . Tabka, Z. (2013, September). Reducing REsistance Training Volume during Ramadan Improves Muscle Strength and Power in Football Players. *International Journal of Sports Medicine*.
- Rico-Gonzalez, M., Pino-Ortega, J., Clemente, F. M., & Arcos, L. A. (2021, July 1). Guidelines for performing systematic reviews in sports science. *Department of Physical education and sports*.
- Rosa, A., Vazquez, G., Grgic, J., Balachandran, A. T., Orazem, J., & Schoenfeld, B. J. (2022, April 6). Hypertrophic Effects of Single- Versus Multi-Joint Exercise of the limb Muscles: A systematic review and meta-analysis. *Strength and conditioning journal*.
- Rønnestad, B. R., Egeland, W., Kvamme, N. H., Refsnes, P. E., Kadi, F., & Raastad, T. (2007, Februar). Dissimilar effects of one- and three-set strength training on strength and muscle mass gains in upper and lower body in untrained subjects. *The journal of strength and conditioning research*, pp. 157-163.
- Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P. E., Rønnestad, B. R., & Wisnes, A. R. (2013). *Styrketrening - i teori og praksis*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Sale, D. G. (1987, Januar). Influence of exercise and training on motor unit activation. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, pp. 95-152.
- Salles, B. F., Simão, R., Miranda, F., Novaes, J. d., Lemos, A., & Willardson, J. M. (2009, Februar). Rest interval between sets in strength training. *sports medicine*, pp. 765-777.
- Sasaki, A., Aizawa, T., Timiya, A., Matsubara, Y., Kokubun, S., & Itoi, E. (2007, Februar). Effect of Resting Interval for Muscle Regeneration in Mice. *Upsala journal of medical sciences*, pp. 175-181.
- Scarpelli, M. C., Nobrega, S. R., Santaniello, N., Alvarez, I. F., Otoboni, G. B., Ugrinowitsch, C., & Libardi, C. A. (2022, April 1). Muscle Hypertrophy Response Is Affected by Previous Resistance Training Volume in Trained Individuals. *Journal of strength and conditioning research*, pp. 1153-1157.
- Schoenfeld, B. J. (2013, januar 22). Potential Mechanisms for a Role of Metabolic Stress in Hypertrophic Adaptations to Resistance Training. *Sports Medicine*, pp. 179-194.
- Schoenfeld, B. J. (2010, Oktober). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of strength and conditioning research*, pp. 2857-2872.
- Schoenfeld, B. J. (2012, Mai). Does Exercise-Induced Muscle Damage Play a Role in Skeletal Muscle Hypertrophy? *The official research journal of the national strength and conditioning association*, pp. 1441-1453.
- Schoenfeld, B. J., & Grgic, J. (2018, August). Evidence-Based guidelines for resistance training volume to maximize muscle hypertrophy. *Strength and conditioning journal*, pp. 107-112.
- Schoenfeld, B. J., Krieger, J., & Grgic, J. (2018, Desember 17). How many times per week should a muscle be trained to maximize muscle hypertrophy? A systematic review and meta-analysis of studies examining the effects of resistance training frequency. *Journal of Sports Sciences*, pp. 1286-1295.

- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017, Juni). Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *Journal of sports science*, pp. 1073-1082.
- Senna, G. W., Dantas, E. H., Scudese, E., Brandão, P. P., Lira, V. A., Baffi, M., . . . Bianco, A. (2022, februar 28). Higher Muscle Damage Triggered by Shorter Inter-Set Rest Periods in Volume-Equated Resistance Exercise. *Frontiers in physiology*.
- Slater, G. J., Dieter, B. P., Marsh, D. J., Shaw, G., & Iraki, J. (2019, August 20). Is an Energy Surplus Required to Maximize Skeletal Muscle Hypertrophy Associated With Resistance Training. *Frontiers in Nutrition*.
- Soares, S., Ferreira-Junior, J. B., Pereira C, M., Vitor, C. A., Castanheira, R. P., Cadore, E. L., . . . Bottaro, M. (2015, September). Dissociated Time Course of Muscle Damage Recovery Between Single- and Multi-Joint Exercises in Highly Resistance-Trained Men. *Journal of strength and conditioning research*, pp. 2594-2599.
- Starkey, D. B., Pollock, M. L., Ishida, Y., Welsch, M. A., Brechue, W. F., Graves, J. E., & Feigenbaum, M. S. (1996, Oktober 28). Effect of resistance training volume on strength and muscle thickness. *Medicine and science in sports and exercise*, pp. 1311-1320.
- Stasinaki, A. N., Zaras, N., Methinitis, S., Tsitkanou, S., Krase, A., Aggeliki, K., & Terzis, G. (2018, Mai). Triceps Brachii Muscle Strength and Architectural Adaptations with Resistance Training Exercises at Short or Long Fascicle Length. *Journal of functional morphology and kinesiology*.
- Sumiaki, M., Meng, H., Yuhang, W., Hikaru, S., Yuki, K., Takashi, S., . . . Tadao, I. (2021, April). Greater Hamstrings Muscle Hypertrophy but Similar Damage Protection after Training at Long versus Short Muscle Lengths. *Journal of applied science*, pp. 825-837.
- Tang, J. E., Perco, J. G., Moore, D. R., Wilkinson, S. B., & Phillips, S. M. (2008, Januar 1). Resistance training alters the response of fed state mixed muscle protein synthesis in young men. *American journal of physiology, integrative and comparative physiology*, pp. R172-R178.
- Thompson, S. W., Rogerson, D., Ruddock, A., & Barnes, A. (2019, Desember 11). The Effectiveness of Two Methods of Prescribing Load on Maximal Strength Development: A Systematic Review. *Sports Medicine*, pp. 919-938.
- Tipton, K. D., & Phillips, S. M. (2013, July 25). Dietary Protein for Muscle Hypertrophy. *Nestlé Nutr Inst Workshop Ser*, pp. 73-84.
- Vinogradova, O. L., Natreba, A., Lysenko, E., & Borovik, A. S. (2014, Desember). Optimization of training: development of a new partial load mode of strength training. *Fiziologija Chelovenka*.
- Willardson, J. M. (2007, 2 21). The application of training to failure. *Journal of Strength and Conditioning Research*, pp. 628-631.
- Willardson, J. M. (2008, June). A Brief Review: How Much Rest between Sets? *Strength and Conditioning journal*, pp. 44-50.
- Witard, O. C., Bannock, L., & Tipton, K. D. (2021, oktober 25). Making Sense of Muscle Protein Synthesis: A Focus on Muscle Growth During Resistance Training. *International Journal of sport nutrition and exercise metabolism*, pp. 49-61.

Zaroni, R. S., Brigatto, F. A., Schoenfeld, B. J., Braz, T. V., Benvenuti, J. C., Germano, M. D., . . . Lopes, C. R. (2019, Juli). High Resistance-Training Frequency Enhances Muscle Thickness in Resistance-Trained Men. *Journal of strength and conditioning research*, pp. 140-151.