

BACHELOROPPGAVE

I hvilken grad er det forskjell på effekten av styrketrening med redusert blodstrøm og tradisjonell styrketrening på muskelstyrke og muskelvekst hos unge utrente menn?

To what extend is the effect different on blood flow restriction training and traditional strength training on muscle strength and hypertrophy in young untrained men?

Kandidatnummer: 307

Faglærer i kroppsøving og idrettsfag

Høgskulen på Vestlandet

Veileder: Robert Brankovic

Innleveringsdato: 29.05.2020

Antall ord: 7370

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.

Forord

Jeg vil takke medelever og lærere på Høgskulen på Vestlandet for tre flotte år på bachelor i faglærer i idrett og kroppsøving. Jeg vil også takke min veilederen Robert Brankovic, for veiledning med denne oppgaven.

Abstract

Objectives: The primary object of this investigation was to compare low- intensity blood flow restriction training (LI-BFR) with traditional high- intensity strength training (HIT) and identify which training method that resulted in greatest adaptations in strength and hypertrophy in young untrained men.

Design: A systematic review

Methods: Searches was performed for published studies and needed to meet the following criteria to get included in this systematic review. First, the study must have compared the effect of low-intensity blood flow restriction training with high-intensity training and the effect on muscle strength and hypertrophy. Second, the participant had to be young and untrained men. Third, the studies had to state what occlusion pressure was used and the result had to be in percent. The articles also needed to be from a peer- reviewed journal and had to be written in English. All studies included in this study utilized 1 RM and MRI to report the changes in strength and hypertrophy, except one who reported the changes in hypertrophy via ultrasound.

Results: The main result is that LI-BFR resulted in familiar effects on the muscle cross-sectional area as HIT. Regarding muscle strength, 4 out of 5 studies revealed that you would get bigger adaptations with HIT compared with LI-BFR. One study on the other hand revealed similar effect between the two training protocols on muscle strength.

Conclusions: Based on the presented data, we can conclude that LI-BFR seems to be equally effective on increasing muscle hypertrophy as HIT. On the other hand, if you want to maximize your muscular strength, HIT will lead to bigger adaptations compared to LI-BFR.

Innholdsfortegnelse

1.0 Innledning	5
1.1 Problemstilling.....	6
1.2 Oppgavens oppbygning.....	6
2.0 Teori.....	7
2.1 Styrketrening	7
2.2 Styrketrening med redusert blodstrøm	10
2.3 Fysiologiske prosesser	11
2.4 Forventet økning på muskelstyrke og muskeltversnitt	15
2.5 Kriterier for måling av muskelstyrke	15
3.0 Metode	16
3.1 Kvalifikasjonskriterier	16
3.2 Søkeprosessen.....	17
3.3 Valg av artikler.....	19
3.4 Kritisk vurdering av artikler	19
4.0 Resultater.....	20
5.0 Diskusjon.....	23
5.1 Effekten på muskelstyrke	23
5.2 Effekten på muskeltversnitt	26
5.3 Gjennomføring av SRB på andre målgrupper.....	28
5.4 Praktisk applikasjon.....	28
5.5 Metodediskusjon.....	28
5.5.1 Studiedesign	28
6.0 Konklusjon	29
7.0 Litteraturliste.....	29

Figuroversikt

Figur 2.2: Rekrutteringshierarkiet	9
Figur 2.3.1: Hvordan SRB fører til celledvelling	13
Figur 2.3.2: Sekundærmekansimer.....	14
Figur 4.1: Artikkelflyt	20

Tabelloversikt

Tabell 3.1: <i>Inklusjons- og eksklusjonskriterier</i>	17
Tabell 3.2: Søkeprosessen	18
Tabell 4.2: Resultater.....	21

1.0 Innledning

Styrketrening er en av de mest fundamentale metodene for å øke både muskelstyrke, muskelmasse, forbedre daglig fysisk funksjon, motoriske ferdigheter og idrettsprestasjon, samt redusere risikoen for ulike sykdommer (American College of Sport Medicine, 2009). The American College of Sport Medicine (2009) anbefaler trening på $\geq 70\%$ av 1 RM (1 repetisjon maksimum) for å oppnå hypertrofi (muskelvekst) og $\geq 60-70\%$ av 1RM for å maksimere effekten på muskelstyrke for nybegynnere. Det er derimot dokumentert at styrketrening med redusert blodstrøm (SRB), også kalt okklusjonstrening, fører til økt hypertrofi og muskelstyrke ved intensiteter så lave som 20-30% av 1RM, både blant toppidrettsutøvere, utrente, gamle og syke individer (Karabulut, Abe, Sato, & Bemben., 2010; Manimmanakorn, Hamlin, Ross, Taylor, & Manimmanakorn., 2013; Matter et al., 2014; Yasuda et al., 2011).

Forskning har kommet frem til ulike konklusjoner med tanke på effekten av de to ulike treningsprotokollene. Forskningsstudiet til Karabulut et al. (2010), Martín-Hernández et al. (2013) og Yasuda et al. (2011) kom frem til at man får større økning av muskelstyrke ved tradisjonell styrketrening (TS) sammenlignet med SRB, mens annen forskning har kommet frem til lignende effekt mellom de to treningsprotokollene på muskelstyrke (Laurentino et al., 2012; Libardi et al., 2015). Med tanke på muskelvekst er resultatene derimot mer konsistente og tyder på at de to treningsprotokollene fører til lignende forbedring på muskeltversnittet (Laurentino et al., 2012; Lixandrão et al., 2018; Lowery et al., 2014; Martín-Hernández et al., 2013). De ulike resultatene kan komme av ulike testingsprosedyrer og ulik utføring av SRB, som blant annet treningsvolum, tykkelse på mansjett, graden av redusert blodstrøm, treningsintensitet, pauseintervaller og trening av ulike muskelgrupper (Lixandrão et al., 2018; Loenneke, Wilson, Marín, Zourdos, & Bemben, 2012b).

Forbedringene med SRB skjer via en rekke ulike fysiologiske prosesser, men det er fortsatt usikkert eksakt hvordan disse prosessene fungerer. Foreslåtte mekanismer er økt fiberrekruttering, opphopning av metabolitter, celledvelling og stimulering av muskelproteinsyntesen (Hwang & Willoughby, 2019; Loenneke et al., 2012b; Loenneke, Fash, Rossow, Abe, & Bemben, 2012a; Wilson, Lowery, Joy, Loenneke, & Naimo, 2013).

Tidligere har man vært kritisk til om SRB er en trygg treningsmetode (Takarada et al., 2000a; Takarada et al., 2000b; Wernbom, Augustsson, & Thomeé, 2006), men nye studier tyder på at SRB er en like trygg treningsmetode som TS (Loenneke, Wilson, Wilson, Pujol, & Bemben, 2011; Nakajima et al., 2006).

Jeg ønsker å finne ut om SRB gir en bedre effekt på muskelstyrke og muskeltversnitt sammenlignet med TS og om det er en treningsmetode som bør inkluderes i den enkeltes treningsprogram. Jeg har derfor gjort en litteraturstudium hvor jeg har tatt utgangspunkt i 5 ulike forskningsartikler for å belyse min problemstillingen.

1.1 Problemstilling

I hvilken grad er det forskjell på effekten av styrketrening med redusert blodstrøm og tradisjonell styrketrening på muskelstyrke og muskelvekst hos unge utrente menn?

Hensikten med denne oppgaven er å presentere en systematisk oversikt over kontrollerte studier som sammenligner styrketrening med redusert blodstrøm med tradisjonell styrketrening på muskelstyrke og muskelvekst hos unge utrente menn.

1.2 Oppgavens oppbygning

Første del av oppgaven består av innledning og problemstilling (kapittel 1). Kapittel 2 består av sentral teori innenfor styrketrening og SRB. I dette kapitlet blir teori presentert for å gi leseren forståelse om styrketrening og ulike fysiologiske prosesser. I kapittel 3 blir metoden presentert. I metoddelen blir metoden og sentrale teorier beskrevet, samt søkeprosessen, kvalifikasjonskriterier, valg av artikler og kritisk vurdering av artikler. I kapittel 4 blir resultatene fra de utvalgte forskningsstudiene beskrevet. Kapittel 5 er diskusjonsdelen. I diskusjonsdelen blir resultatene fra de inkluderte forskningsartiklene og sentral teori diskutert opp imot problemstillingen, samt en kort metodediskusjon. I kapittel 6 avsluttes oppgaven med en konklusjon.

2.0 Teori

I teoridelen ønsker jeg å gjøre rede for styrketrening (2.1), styrketrening med redusert blodstrøm (2.2), de viktigste fysiologiske prosessene som foregår under SRB (2.3), forventet effekt på muskelstyrke og muskeltversnitt ved tradisjonell styrketrening (2.4) og kriterier for måling av muskelstyrke (2.5).

2.1 Styrketrening

Styrketrening drives i mange sammenhenger, blant idrettsutøvere for å få økt fysisk prestasjonsevne til mosjonister for å få bedre helse eller i en rehabiliteringsfase for å bli fortere skadefri. «Styrketrening er all trening som er ment å utvikle eller vedlikeholde vår evne til å skape størst mulig kraft (eller dreiemoment) ved en spesifikk eller forutbestemt hastighet» (Raastad, Paulsen, Refsnes, Rønnestad & Wisnes, 2010, s.13)

Raastad et al. (2010, s. 13) definerer maksimal styrke som: «den største kraften vi klarer å utvikle ved langsomme bevegelser (eksentriske og konsentriske) eller isometriske aksjoner». Et annet ord for maksimal styrke er 1RM og er den største motstanden en person klarer å gjennomføre en repetisjon med. 1 RM er den vanligste måten å måle muskelstyrken på i en bestemt øvelse (Raastad et al., 2010, s. 13). Tradisjonelt er det anbefalt å utføre styrketrening med 1-12 repetisjoner pr sett, med en treningsmotstand på 70-100% av 1 RM for å øke muskelstyrken og muskelvekst (ASCM, 2009).

Det er hovedsakelig to primære mekanismer som fører til muskelvekst: 1) mekanisk drag og 2) metabolsk stress (Pearson & Hussain, 2015). Mekanisk drag er en «strekk» av muskulaturen og kan skje på to ulike måter. Raastad et al. (2010, s. 87) skriver at dette kan foregå ved: «en forlengning av muskellengden utover hvilelengden som følge av et ytre drag, eller bare et økt drag i muskulaturer som følge av muskelaktivering uten at lengden på muskelen nødvendigvis endres». Hvor stor stimulus det er for muskelvekst under styrketrening er et produkt av størrelsen på treningsmotstanden samt tiden med kraftutvikling (Raastad et al., 2010, s. 95). Metabolsk stress er som nevnt en annen faktor som påvirker muskelvekst. Man kan oppnå et

stort metabolsk stress i muskelen ved å gjennomføre trening med lavere treningsmotstand og flere repetisjoner før utmattelse.

I begynnelsen av en treningsperiode, spesielt hos utrente, vil man ofte oppnå en større forbedring i muskelstyrken enn i muskeltversnittet. Denne forskjellen kan forklares ved at man får en forbedret evne til å aktivere muskelen og forbedret evne til å samordne antagonister, agonister og synergister ved maksimal mobilisering. Slike forandringer i nervesystemets kontroll av muskelaktiviteten kalles nervøse tilpasninger. Nervøse tilpasninger kan føre til store endringer i muskelstyrken i kompliserte øvelser som stiller store krav til god teknikk (øvelser som aktiverer mange muskelgrupper og inkluderer flere ledd), men ser ut til å ha mindre betydning for styrkeøkningen ved testing av maksimal styrke over et ledd. Slike nervøse adaptasjoner er sannsynligvis knyttet til at de ulike muskelgruppene samarbeider mer optimalt, noe som ofte omtales som bedret teknikk i den aktuelle styrkeøvelsen (Raastad et al., 2010, s. 64). Sale (1988) påpeker også at økningen av muskelstyrken de første fire ukene ved TS hovedsakelig skyldes nervøse faktorer fremfor strukturelle tilpasninger.

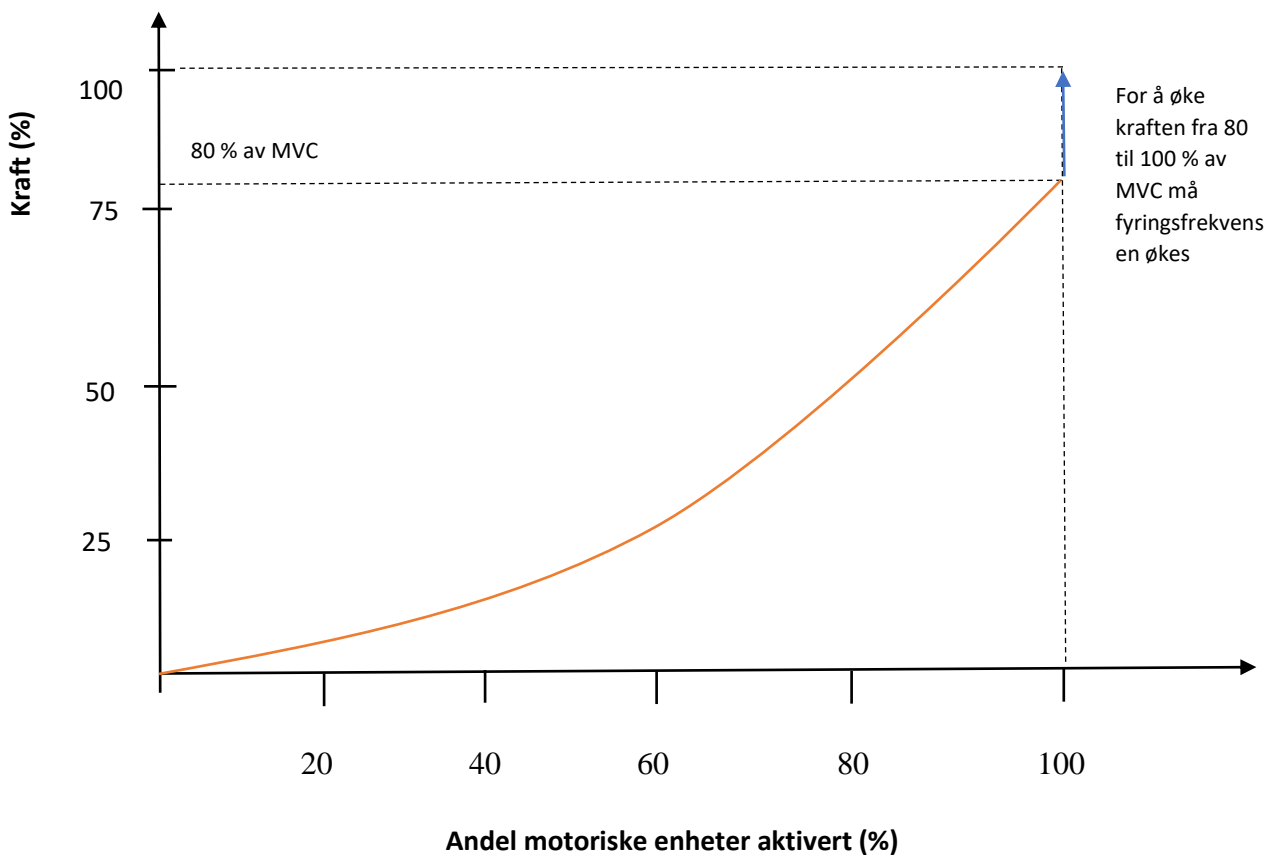
Styrketrening fører til adaptasjoner av både muskler, sener og knokler. «Sener har som hovedoppgave å overføre kraften som er utviklet av muskelvevet, til knoklene» (Raastad et al., 2010, s. 74). Det er derfor viktig at det er en sammenheng mellom musklens evne til å utvikle kraft og senenes evne til å tåle påkjenning. Studier viser at styrketrening med høy treningsmotstand og stor kraftutvikling er mest effektivt for å påvirke tilpasninger i sener. Wolffs lov, handler om at knoklene tilpasser seg de mekaniske belastningene de utsettes for. Styrketrening med tung motstand har vist å gi en større effekt på beintettheten enn styrketrening med lettere motstand (Raastad et al., 2010, s. 74-79).

Endringen i muskeltversnittet varierer mye fra studie til studie og avhenger av treningsstatus, alder, muskelgruppen som er studert og treningsprogrammet. De 3 fibertyperne har alle potensial for hypertrofi, men hvilke fibertyper som blir aktivert og får mest vekst avhenger blant annet av treningsmotstanden (Hennemans størrelsesprinsipp). Trening med moderat intensitet (60-75% av IRM) vil ikke aktivere alle de motoriske enhetene, ved mindre hvert sett blir utført til utmattelse. Trening med moderat intensitet vil først og fremst føre til hypertrofi

av type I-fibrene og graden av hypertrofi på type II-fibrene avhenger av om settet blir utført til utmattelse. Trener vi derimot med høyere intensitet (80-90% av 1RM) og hvert sett til utmattelse vil alle motoriske enheter bli aktivert (Raastad et al., 2010, s. 43-45).

Antall motoriske enheter som blir rekruttert i en muskel øker ved treningsmotstanden etter et hierarkisk system. Ved styrketrening blir muskelfibre rekruttert etter størrelsesprinsippet som går ut på at små motoriske enheter, type- I fibre blir rekruttert først og ved lave intensiteter. Ved tynge motstand og økt kraftbehov vil større og raskere motoriske enheter bli rekruttert, type- II fibre (Henneman, Somjen, & Carpenter, 1965; Moore et al., 2004). Generelt kan man bruke antall motoriske enheter til å regulere kraften opp mot 80 %, men deretter må fyringsfrekvensen i hver enkelt enhet økes for å oppnå maksimal kraft (figur 2.2) (Raastad et al., 2010, s. 28-29).

FIGUR 2.2: Rekrutteringshierarkiet



Figur 2.1: «Skjematiske forhold mellom kraft oppgitt som % av maksimal viljestyrt kraft og antall motoriske enheter som er rekruttert ved en gitt kraft» (Raastad et al. 2011, s. 29). Figuren er hentet fra Raastad et al. (2011, s. 29).

2.2 Styrketrening med redusert blodstrøm

SRB gjennomføres ved å feste en tournique/trykkmansjett proksimalt på muskelen som trenes. Ved gunstig gjennomføring påføres et trykk som er høyt nok til å hindre det venøse blodet i å forlate muskelen, samtidig som man opprettholder arteriell blodtilstrømning til den aktive muskelen (Hwang & Willoughby, 2019; Loenneke et al., 2012a; Lowery et al., 2014; Scott, Loenneke, Slattery, & Dascombe, 2015; Wilson et al., 2013). Hvert enkelt individ har ulikt blodtrykk og derfor bør mansjettrykket være individuelt tilpasset for å oppnå best mulig effekt (Scott et al., 2015). Det er viktig å påpeke at bredden på mansjetten utøver ulikt trykk, ved at tykkere mansjetter reduserer blodstrømmen mer enn tynne mansjetter. (Crenshaw, Hargens, Gershuni, & Rydevik, 1988). Ved SRB arbeider muskelen med oksygenfattig blod (Loenneke et al., 2012a).

Det var Yoshiaki Sato som først begynte med SRB i 1966. I 1973 var han i en skiulykke som førte til at han måtte ha gips på begge beina, men han fortsatte å utføre SRB. På denne måten klarte han å hindre muskelsvinn (atrofi) og rehabilitere seg selv. Disse resultatene førte til at flere begynte å interessere seg for SRB og i 1983 ble treningsmetoden generalisert for offentlig bruk (Sato, 2005). Ifølge Sato (2005) er det vanskelig å redusere blodstrømmen optimalt for å få fordelaktige effekter. Treningsmetoden bør derfor ikke utføres uten tilstrekkelig kunnskap om korrekt utførelse, fordi et for høyt mansjettrykk kan være skadelig (Sato, 2005).

Forskningsmiljøet rundt SRB har vært kritisk til bruken av SRB med tanke på om det er en trygg treningsmetode. Nakajima et al., (2006) utførte en nasjonal kartleggingsstudie i Japan på individer som utførte SRB. 12 642 personer i alle aldersgrupper deltok. Av disse fikk 0,055 % venetrombose, 0,008 % blodpropp og 0,008% rbdomyolyse, men det var ingen signifikant forskjell sammenlignet med tung styrketrening (Nakajima et al., 2006). Vi kan derfor

konkludere med at SRB er en relativt trygg treningsmetode, men at det kan oppstå bivirkninger.

SRB har vist å gi en økning av muskelstyrke og muskeltverrsnitt ved intensiteter så lave som 20-30 % av 1RM (Karabulut et al., 2010; Loenneke et al., 2012b; Lowery et al., 2014; Takarada, Tsuruta, & Ishii, 2004; Yasuda et al., 2011). SRB krever kort restitusjonstid mellom treningsøktene på grunn av lav mekanisk belastning og minimal muskelskade (Abe et al., 2005; Loenneke, Thiebaud & Abe, 2014; Takarada et al., 2000a). En slik treningsmetode gjør det dermed mulig å påføre muskelen stort metabolsk stress ved liten mekanisk belastning. Wernbom, Paulsen, Bjørnsen, Cumming & Raastad (2019), skriver derimot at de er uenige med konklusjonen til Loenneke et al., (2014) og at det kan oppstå muskelskade ved SRB. Det finnes lite forskning som har undersøkt langtidseffekten av SRB og det kan potensielt føre til skader på blodårer og vev (Wernbom et al., 2006). Det anbefales derfor at man utfører SRB forsiktig og gradvis for å unngå å risikere unødvendige muskelskader og stress (Wernbom et al., 2019). Raastad et al. (2010, s. 98) anbefaler ikke friske personer til å utføre SRB over lengere tid, på grunn av at denne treningsmetoden ikke fører til tilpasninger i senene som kan føre til en ubalanse mellom styrken i muskulaturen og tilhørende sener.

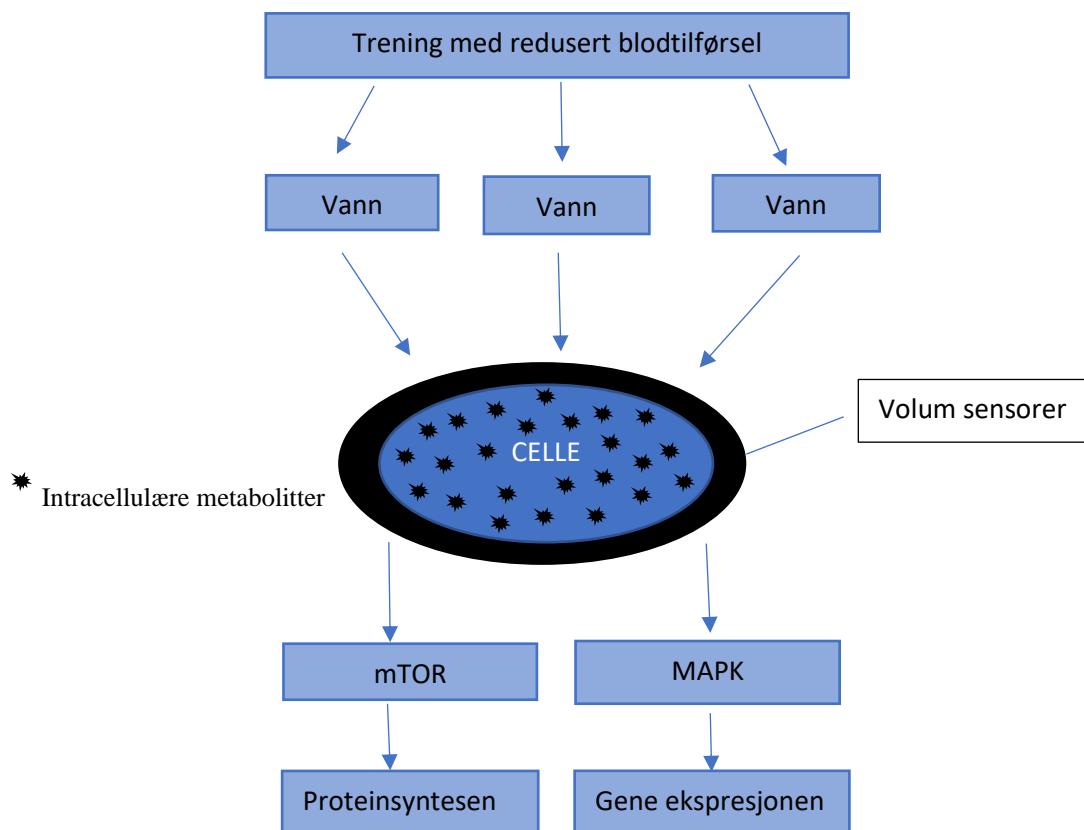
2.3 Fysiologiske prosesser

Ved at man hemmer blodsirkulasjonen under SRB, er det en rekke fysiologiske prosesser som påvirker muskelveksten. Det er hovedsakelig tre fysiologiske mekanismer som oppstår ved SRB: Celleoppsvulming, opphopning av metabolitter (metabolsk stress) og økt rekruttering av muskelfibre (Wilson et al., 2013). I denne delen skal jeg gi en kort oppsummering og forklaring av de viktigste fysiologiske prosessene som oppstår under SRB.

Forskning har kommet frem til at metabolsk stress (oppnopning av metabolitter) spiller en like stor rolle som mekanisk drag, om ikke større, med tanke på muskelvekst (Pearson & Hussain, 2015). Metabolsk stress har vist å øke ved SRB gjennom en reduksjon av kreatinfosfat (CP)-konsentrasjonen og ATP (adenosintrifosfat) (Krustrup, Söderlund, Relu, Ferguson, & Bangsbo, 2009), økning av laktat (Takarada et al., 2000a; Takarada et al., 2000b) og uorganisk fosfat (Pi) og nedgang i intramuskulær pH (Takada et al., 2012).

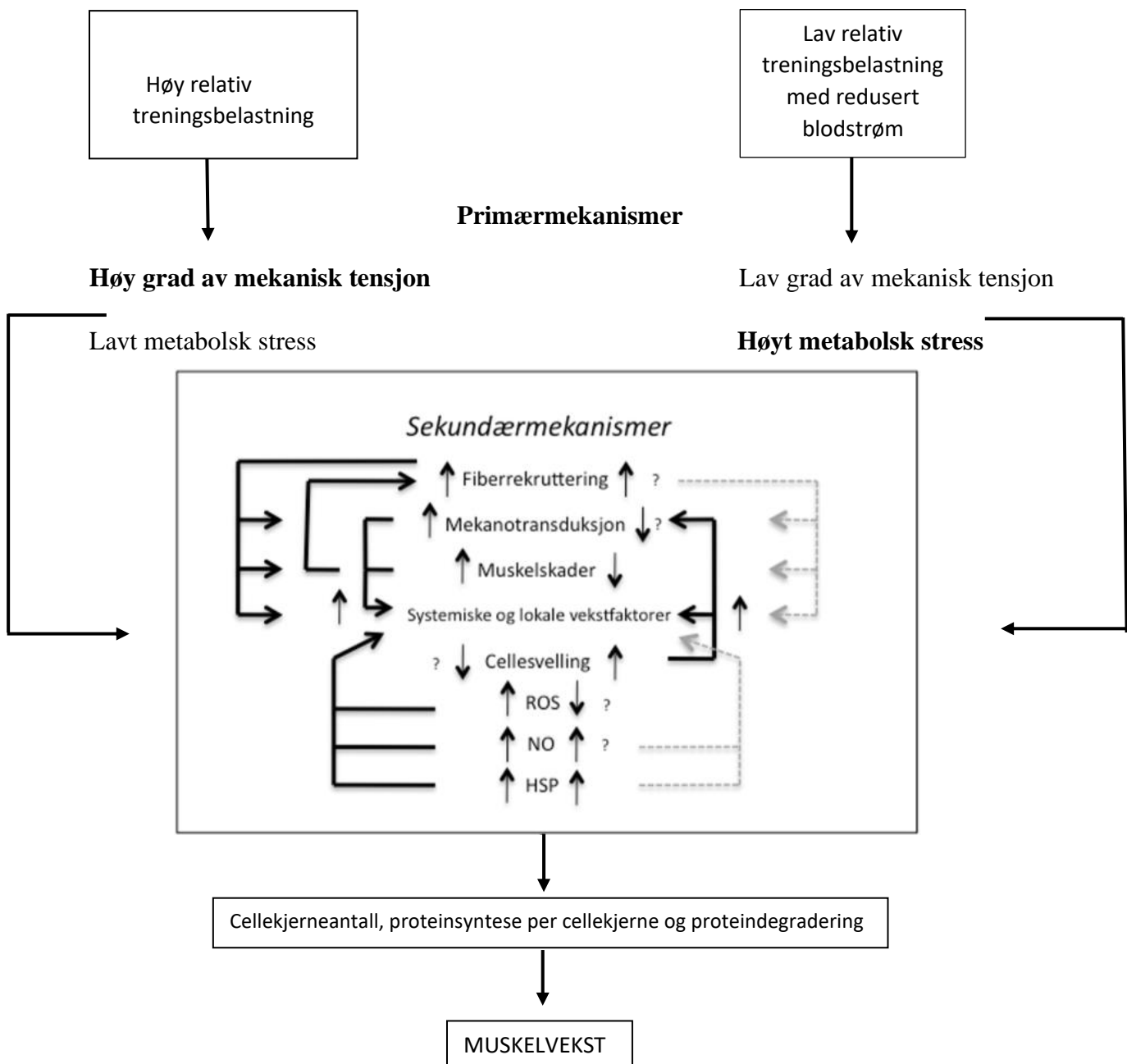
Aktiveringen av type- II fibre er avgjørende for å skape hypertrofi (Pope, Willardson, & Schoenfeld, 2013). Dette på grunn av at muskeladpasjoner i type- II fibre er mer omfattende enn i type- I fibre, som antyder at rekrutteringen av type- II fibre er avgjørende for å oppnå en betydelig treningseffekt (Suga et al., 2011). Forskning har dokumentert at SRB ikke følger rekrutteringshierarkiet, ved at rekrutteringen av type- II fibre også kan oppstå ved lavere belastning med redusert blodstrøm (Krustrup et al., 2009). Takarada et al.,(2000a) kom frem til at muskelaktivering (EMG- aktivitet) var 1,8 ganger høyere på deltakerne som utførte øvelsen med redusert blodstrøm sammenlignet med deltagerne uten redusert blodstrøm. Takarada et al. (2000a) forklarer dette med et hypoksisk intramuskulært miljø hvor flere motoriske enheter og fibre må bli aktivert for å opprettholde samme kraft. SRB fører til en lignende rekruttering av type- II fibre som TS (Suga et al., 2011). Suga et al. (2011) støtter Takarada et al. (2000a) ved at han hevder at rekrutteringen av type- II fibre ved SRB muligens oppstår for å assistere type- I fibre og for å kunne opprettholde muskelkraften under øvelsen. Ellefsen et al. (2015) kom frem til at SRB og TS hadde lignende endring fra IIX → IIA fibre i Vastus lateralis, som tyder på at begge treningsprotokollene har en lignende aktivering av IIX fibre.

Cellesvelling er også en mekanisme som diskuteres i forskningslitteraturen tilknyttet SRB (Loenneke et al., 2012a). Muskelcellesvelling ved SRB kan være den fundamentale mekanismen som igjen påvirker flere mekanismer, som til sammen produserer et økt potensial for muskelvekst (Loenneke et al., 2012a). Videre skriver Loenneke et al. (2012a) at det er sannsynlig at det hypoksiske (oksygenfattig) miljøet produsert ved redusert blodstrøm fører til små økninger av intracellulære metabolitter, som igjen fører til at muskelcellen trekker til seg mer vann for å likevektige den osmotiske gradienten med utsiden (figur 2.3.1).

FIGUR 2.3.1: Hypotetisk modell på hvordan SRB fører til celledvelling

Figur 2.3.1: Modellen viser hvordan SRB kan føre til en økning av intracellulære metabolitter og celleoppsvulming, sammenlignet med trening uten redusert blodstrøm. Økningen i muskelcelleoppsvulmingen som blir oppfattet av indre volumsensorer resulterer i en samtidig aktivering av mammalian target of rapamycin (mTOR) og mitogen-activated protein-kinase (MAPK) signalveier, som fører til større muskeladapsjoner. Modifisert etter modell fra Loenneke et al. (2012a).

Det er forventet at de primære mekanismene påvirker en rekke sekundære mekanismer for induksjonen av muskelvekst (Pearson & Hussain, 2015). Figur 2.3.2 gir en oversikt over hvordan SRB og TS påvirker ulike mekanismer.

FIGUR 2.3.2: Sekundærmekanismer

Figur 2.3.2: Figuren er en modifisert modell fra Pearson & Hussain (2015). «Figuren er en oppsummering av primære og sekundære mekanismene som kan påvirke cellekjerneantallet, proteinsyntesen per cellekjerne og proteindegraderingen, og dermed kan være avgjørende for muskelvekst. ↑ ↓ vertikale piler indikerer høyere/lavere grad av aktivering, hel linje indikerer potensielle sammenhenger mellom sekundærmekanismer, stiplede linjer indikerer tvetydige sammenhenger mellom sekundærmekanismer» (Pearson & Hussain, 2015). Gjengitt med tillatelse av Pearson.

2.4 Forventet økning på muskelstyrke og muskeltversnitt

Forbedringen i muskelstyrke og muskelmasse ved TS varierer blant ulike studier og avhenger av treningsstatus og treningsprogram. Utrente personer kan få en stor forbedring av muskelmasse og muskelstyrke på relativt kort tid, mens mindre fremgang er forventet desto bedre styrketrent man er (Raastad et al., 2010, s. 37).

Blant utrente personer som gjennomfører styrketrening 2-3 ganger i uken på en treningsmotstand som tilsvarer >60% av 1 RM, er forventet økning i muskelstyrke 1% pr treningsøkt. Over en treningsperiode på 12 uker tilsvarer dette en økning i 1 RM på 30-40 %. Det er derimot viktig å presisere at det kan være store individuelle forskjeller på styrkefremgangen ved gjennomføring av samme treningsprogram (Raastad et al., 2010, s. 37-38). Ved samme treningsintensitet og treningsmotstand er det rapportert en økning på 3-25 % på muskeltversnittet hos utrente personer i løpet av en 12 ukers treningsperiode. Dette tilsvarer en økning av muskeltversnittet på 0,1- 0,5% pr treningsøkt, men som nevnt er det store individuelle variasjoner (Raastad et al., 2010, s. 43).

2.5 Kriterier for måling av muskelstyrke

Reliabiliteten i en test knyttes til valg av testøvelse, om deltagerne har erfaring med å trene øvelsen og testlederne. Testøvelsen av muskelstyrke bør være lett produserbare, ikke bli påvirket av at resten av kroppen er fiksert, være enkel og involvere få ledd. Et annet kriteriet for måling av muskelstyrke er at det er utarbeidet en detaljert protokoll for gjennomføring og klare kriterier for å godkjenne testen (Raastad et al., 2010, s. 140). Ved pre- og posttest bør deltagerne opprettholde samme kosthold, gjennomføre testen på samme tid på døgnet og utføres under samme betingelser. For at testen skal være pålitelig bør utøveren være velkjent med og ha trent testøvelsen regelmessig over tid. I forkant av 1 RM test, er et kriteriet at deltagerne har gjennomført 3-5 oppvarmingssett med progressiv motstand. Dette gjelder spesielt for utrente før pretest for å unngå at læringseffekten skal påvirke resultatet (Raastad et al., 2010, s. 142).

3.0 Metode

I denne oppgaven har jeg valgt å gjøre en litteraturstudie for å finne relevant litteratur og forskningsartikler som kan gi svar på min problemstilling. Hensikten med en litteraturstudie er å få en systematisk oversikt over et spesifikt tema og deretter sammenligne og vurdere forskningen man har inkludert. Reinart & Jamtvedt (2010) definerer en systematisk oversikt slik: «En systematisk oversikt er en oversikt som bruker systematiske og eksplisitte metoder for å identifisere, utvelge, kritisk vurdere relevant forskning, samt for å innsamle, sammenstille, analysere og gradere data fra studiene som er inkludert i oversikten».

En litteraturstudie har som alle andre metoder både ulemper og fordeler. En fordel er at man kan finne mye litteratur og raskt få økt kunnskap og oversikt innenfor et avgrenset område ved å sammenligne ulike artikler. En ulempe kan være mangelen på relevant forskning innenfor temaet man har valgt. Mangelen på relevant forskning gjelder derimot ikke for min problemstilling ved at det er gjort mye forskning rundt SRB. En ulempe kan derimot være at man ønsker å finne en positiv bekreftelse på et allerede inntatt standpunkt, og at man dermed velger studier som støtter sitt eget standpunkt (Forsberg & Wengström, 2008). Det er derfor viktig å ha et åpent syn når man leter etter relevant faglitteratur. En annen ulempe kan være at man har oversett relevant litteratur ved å ha utført for få søk og/eller valgt feil søkeord. Jeg har prøvd å redusere disse risikoene ved å gjøre grundige søk, bruke mange ulike søkeord, analysere gjennom henvisninger i litteraturlister og være kildekritisk.

3.1 Kvalifikasjonskriterier

Aveyard (2010, s. 71) skriver at ved bruk av inklusjons- og eksklusjonskriterier vil man tydeliggjøre søkelyset på forskningen og dermed sile ut irrelevant litteratur. Videre vil slike kriterier gi viktig informasjon og innsikt til leseren om omfanget og relevansen med studiet, som ikke kommer frem i problemstillingen alene (Aveyard, 2010, s. 71).

Jeg har valgt å bruke noen spesifikke inklusjons- og eksklusjonskriterier for å finne relevant litteratur som svarer på min problemstilling. Disse inklusjons- og eksklusjonskriteriene gjelder kun artiklene som er inkludert i resultatdelen. Tabell 3.1 gir en oversikt over hvilke

inklusions- og eksklusjonskriterier som er tatt i bruk for å finne litteratur som er relevant for min problemstilling. Artikkene var kvalifisert for å bli inkludert i litteraturstudie hvis de møtte visse kriterier: (a) pre- og post- treningsvurdering på muskelstyrke; (b) pre- og post- treningsvurdering på muskeltversnitt; (c) sammenlignet SRB og TS (d) deltakerne som deltok i studie var unge utrente menn; (e) resultatene/effekten ble oppgitt i prosent; (f) oppga mansjettrykk; (g) var fra en fagfellesvurdert tidsskrift; (h) var skrevet på engelsk; (i) publisert de siste 10 årene. Litteratur som ikke møtte disse kriteriene, ble ekskludert fra litteraturstudie.

TABELL 3.1: INKLUSJONS- OG EKSKLUSJONSKRITERIER

Inklusjonskriterier	Eksklusjonskriterier
Publisert siste 10 år	Studier som inneholdt trente og/eller eldre deltakere.
Være fra en fagfellesvurdert tidsskrift	Ikke engelskspråklige artikler
Pre- og post- treningsvurdering på muskelstyrke	Forsøk som ikke inneholdt en gruppe som trente med tyngre treningsmotstand.
Pre- og post- treningsvurdering på muskeltversnitt	Forsøk som så på fysiologiske prosesser
Sammenlignet SRB og TS	Forsøk som ikke hadde målt mansjettrykket ved SRB
Deltakerne var unge og utrente menn	
Resultatene ble oppgitt i prosent	

3.2 Søkeprosessen

Databasene som jeg har brukt er Google Scholar, Pubmed, SPORTDiscuss og ORIA. Google Scholar er en fellessøkeplattform og jeg begynte min søkeprosess her for å få oversikt over temaet. Jeg begynte med søkeordene *blood flow restriction, hypertrophy and strength training* og valgte ut de 15 mest siterte tekstene som omhandlet dette temaet. På dette tidspunktet hadde jeg ikke spesifisert problemstillingen min. Jeg har også lest kildehenvisningene til flere artikler og metaanalyser i håp om å komme over relevant faglitteratur.

Oria er en søkemotor, der man kan søke i Høgskulen på Vestlandets samlede ressurser. SPORTDiscus er en søkemotor som spesialiserer seg mer mot idrett, medisin, rehabilitering, folkehelse og kroppsøving. Dette er en god database for å finne mer avgrensede og spesifikke artikler. Pubmed er verdens største database innen medisin og helsestell, men inneholder også mange gode artikler innen idrett og trening.

Etter å ha utført en rekke søk og fått oversikt over temaet, utførte jeg mer spesifikke søk for å finne relevant litteratur som møtte kvalifikasjonskriteriene nevnt ovenfor. Tabell 3.2 gir oversikt over søkeprosessen. I tabellen kommer det frem hvilke databaser og søkeord som ble brukt og hvor mange treff de ulike søkene fikk, samt hvilke studier som ble inkludert ut ifra de ulike søkene. Jeg har lest både nye og eldre artikler, men har avgrenset søket til nyere tid (siste 10 år), for å få den nyeste publiserte forskningen på området. De ulike søkeordene som ble brukt var: High load resistance training, blood flow restriction, systematic review, hypertrophy, strength training, blood flow restriction, muscle strength og occlusion pressure. Jeg har også utført andre søk med andre søkeord, men disse er ikke tatt med i tabellen av den grunn at de ikke ga like gode resultater. Disse søkeordene var blant annet: Vascular occlusion, KAATSU og low resistance training.

TABELL 3.2: SØKEPROSESSEN: EN OVERSIKT OVER HVILKE DATABASER SØKEORD SOM HAR BLITT BRUKT FOR Å FINNE DE ULIKE ARTIKLENE.

Database	Søkeord	Treff	Filter brukt	Nye treff	Inkludert basert på kriterier vist overfor	Artikler
Oria	High load resistance training Blood flow restriction Systematic review	934	2015-2020 Fagfellevurdert tidsskrift Sport Medicine Muscle Strength Hypertrophy	12	1	Lixandrão et al. (2018)
SportDiscuss	Blood flow restriction Hypertrophy Strength	112	2010-2020 Academic journals Comparatives studies	12	2	Yasuda et al. (2011) Martín-Hernández et al. (2013)
SportDiscuss	Strength training Blood flow restriction	105	Randomized controlled trials Muscle strength	12	1	Laurentino et al. (2012)
PubMed	Blood flow restriction Occlusion pressure Muscle strength Hypertrophy	20	Full text 10 years Male Adult: 19+ years	12	1	Lixandrão et al. (2015)

Kommentar: Flere av artiklene var tilgjengelig på flere søkemotorer.

3.3 Valg av artikler

Ved vurdering av artiklene ble de først valgt ut på bakgrunn om tittelen var relevant og deretter ble sammendraget lest. Artiklene som ikke var relevant ble ekskludert. De gjenværende artiklene ble lest i fulltekst og sammenlignet opp mot inklusjons- og eksklusjonskriteriene som er henvist til i tabell 3.1. Artiklene som ikke møtte kriteriene, ble ekskludert, noe som førte til at jeg satt igjen med 5 utvalgte artikler. I tilfeller hvor flere artikler møtte kriteriene på lik linje, ble de nyeste artiklene valgt for å få de mest oppdaterte resultatene. Av de 5 inkluderte studiene, er den ene studien en metaanalyse. Grunnen til at jeg har valgt å inkludere denne er fordi den gir en god og systematisk oversikt over resultatet på flere studier.

3.4 Kritisk vurdering av artikler

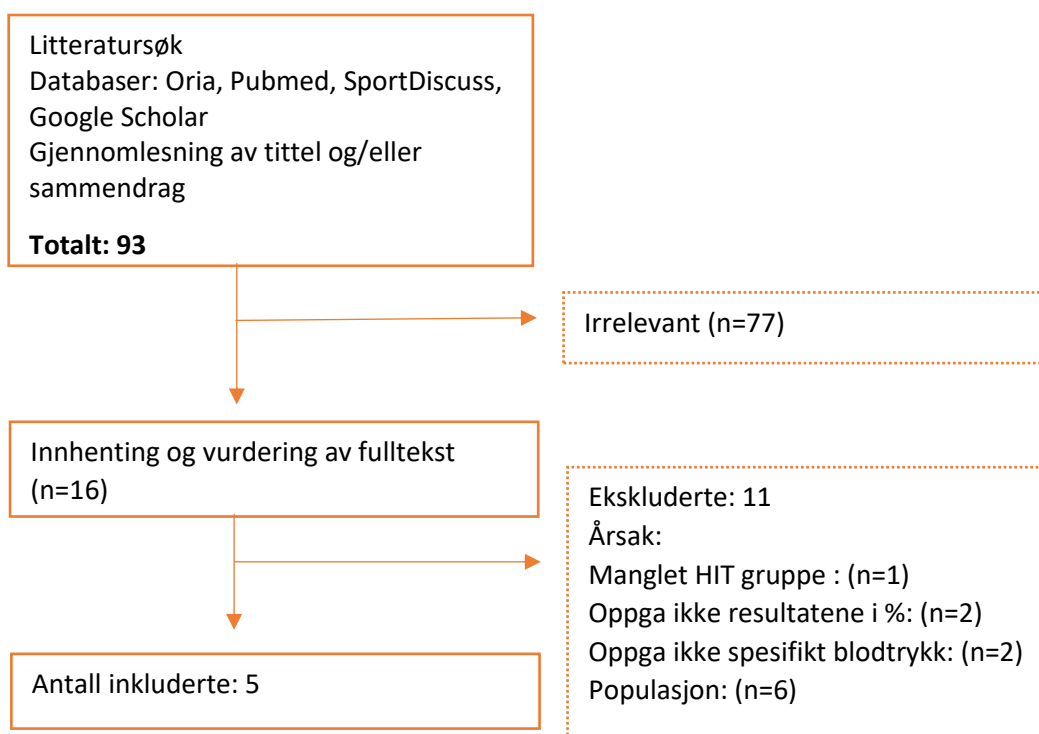
Ved kritisk vurdering av forskning er det viktig å se om metoden som er benyttet i studie er reliabel og valid. Reliabilitet, sier noe om påliteligheten i et forskningsstudium og om dataen som er samlet inn er behandlet på en systematisk og nøyaktig måte, slik at metoden kan etterprøves og gi tilsvarende resultater. Validitet, sier noe om gyldigheten av resultatet og om metoden måler det den er tiltenkt å måle (Hjelseth, 2000, s. 23). Alle de inkluderte artiklene i dette litteraturstudiet er reliable og valide. Artiklene er reliable fordi alle måler både muskelstyrke og muskeltversnitt, noe som kan etterprøves med tilsvarende resultat. Alle artiklene er valide fordi 4 av artiklene bruker MRI, som er en anerkjent metode for å måle muskeltversnitt. Den siste artikkelen bruker ultralyd for å måle muskeltversnittet, som også er en anerkjent metode. Samtlige 5 inkluderte artikler bruker 1 RM test for å måle muskelstyrke, som også er en internasjonal anerkjent målingsmetode.

Alle artiklene som er inkludert i resultatdelen er engelskspråklige og fra fagfellevurderte tidsskrifter, noe som tilsier kvalitet og internasjonal anerkjennelse. De inkluderte forskningsstudiene er også publisert i relativt ny tid, ved at den eldste artikkelen ble publisert i 2011. Helsebiblioteket (2016) har ulike sjekklister med tanke på kritisk vurdering for å undersøke kvaliteten på metoden på ulike forskningsstudier. Jeg har lest igjennom sjekklisene som er relevant for mine utvalgte artikler, og ut i fra kriteriene oppfyller de inkluderte artiklene kvalitetskravene.

4.0 Resultater

I denne delen av oppgaven presenterer jeg en kort oppsummering og sentrale funn av de utvalgte studiene (tabell 4.2). Jeg har også valgt å legge inn en figur som viser en oversikt over antall treff etter søk i alle kilder og hvor mange artikler som har blitt vurdert og inkludert (figur 4.1).

FIGUR 4.1: Artikkelflyt



TABELL 4.2:

Nøkkelinformasjon av de 5 artiklene, valgt på bakgrunn av systematisk litteratursøk.

Artikkel	Deltakere	Hensikt	Metode	Resultat
Martín-Hernández et al. (2013)	39 fritidsaktive menn (20-23 år) meldte seg frivillig til studiet. Ingen av deltakerne holdt for øyeblikket på med styrketrening.	Målet med studiet var å få innsikt i adaptasjoner til muskelstyrke og muskelvekst etter to ulike treningsvolum med SRB sammenlignet med TS.	Deltagerne ble tilfeldig delt inn i 4 grupper: SRB med lavt treningsvolum (SRB LV), SRB med høyt treningsvolum (SRB HV), tradisjonell styrketrening (TS, 85% av 1-RM → 3 sett på 8 repetisjoner) og en kontroll gruppe som ikke utførte trening. Deltakerne trente to ganger i uken i en tidsperiode på 5 uker. Begge SRB -gruppene trente med en treningsintensitet på 20% av 1-RM. Treningen til SRB gruppene bestod av 1 sett på 30 repetisjoner etterfulgt av 3 sett på 15 repetisjoner med 1 min pause. SRB HV gruppen trente med et dobbelt så stort treningsvolum som SRB LV gruppen. Øvelsen som ble utført var leg extension i maskin.	Endringen i 1-RM økte betydelig mer i TS (18,86%) gruppen, enn i SRB LV (7,03%) og SRB HV (6,24%) gruppene. Muskeltvernsnitt av RF og VL økte med 7,5% og 9,9% på tvers av gruppene. Undersøkelsen konkluderer med at å doble treningsvolumet ved SRB ikke fører til noen fordel på muskelstyrke eller muskeltvernsnitt og at TS gruppen fikk en betydelig større økning i muskelstyrke sammenlignet med SRB gruppene.
Yasuda et al. (2011)	40 fritidsaktive menn i alderen 22-32 år deltok i studiet. Ingen av deltakerne hadde utført styrketrening de siste 6 månedene før studiet. 6 av deltakerne hadde tidligere utført både tung styrketrening og SRB.	Studien undersøkte effekten av SRB og TS på muskeltilpasninger.	Deltakerne ble tilfeldig delt inn i 4 grupper, med 10 deltakere per gruppe: tradisjonell styrketrening (TS, 75% 1-RM → 3 sett på 10 repetisjoner), styrketrening med redusert blodstrøm (SRB, 30% 1-RM → 1 sett på 30 repetisjoner fulgt av 3 sett på 15 repetisjoner med 30 sekunder pause mellom settene), en kombinert TS og SRB gruppe (CB-RT, de trente to ganger i uken med SRB og en gang i uken TS), og en kontroll gruppe. Deltakerne utførte øvelsen benpress 3 ganger i uken over en tidsperiode på 6 uker.. Det totale treningsvolumet var lik mellom alle gruppene.	Økningen av muskelstyrken var lignende i TS (19,9%) og CB-RT (15,3%) gruppene, men mindre i SRB gruppen (8,7%). Muskeltvernsnittet på triceps brachii økte 8,6% i TS, 7,2% i CB-RT og 4,9% i SRB gruppen. Forbedringen av muskeltvernsnittet på pectoralis major (brystmuskelen) var større i TS gruppen (17,6%) enn SRB (8,3%) og CB-RT (10,5%) gruppen. Resultatene i denne studien viser at SRB kombinert med TS gir en større effekt på funksjonelle muskeltilpasninger enn i SRB gruppen alene.

Artikkel	Deltakere	Hensikt	Metode	Resultat
Lixandrão et al. (2018)	12 artikler ble inkludert i meta-analysen.	Målet med studien var å sammenligne effekten på muskeltilpasninger mellom TS og SRB.	Etter eksklusjons kriterier ble 12 artikler inkludert innenfor muskelstyrke. 10 av disse 12 artiklene omhandlet hypertrofi. Artiklene som ble inkludert måtte møte visse kriterier: (a) pre- og post- treningsevaluering av muskelstyrke; (b) pre- og post-treningsevaluering av muskelvekst; (c) sammenligne TS og SRB.	Gjennomsnittlig effekt på muskelstyrke var $14,36 \pm 1,53$ %. TS gruppen fikk 7,36% større effekt på muskelstyrken sammenlignet med SRB gruppen. Gjennomsnittlig effekt på muskelvekst var $7,22 \pm 0,58$ %. Sammenligner vi TS og SRB gruppen, var effekten nokså lik, med en økning på 0,74% mer for TS gruppen.
Laurentino et al. (2012)	29 fysisk aktive mannlige studenter (15-29 år) deltok i undersøkelsen. Deltakerne deltok ikke i noen form for regelmessig fysisk trening og hadde ingen erfaring med styrketrening.	Studien sammenligner effekten på muskelstyrke og muskeltversnitt mellom TS og SRB.	Deltakerne ble tilfeldig delt inn i 3 grupper; LI (lav intensitets styrketrening), SRB og TS. Deltakerne trente 2 ganger i uken i 8 uker. Styrketreningen bestod av bilateralt kne ekstensjon i maskin. De første 4 ukene trente TS gruppen 3 set x 8 repetisjoner på 80% av 1 RM. LI og LIR gruppen trente 3 set x 15 repetisjoner på 20% av 1 RM. De siste 4 ukene ble treningsvolumet økt ved at gruppene utførte 4 fremfor 3 serier. Deltakerne hadde 1 minutt pause mellom hver serie.	Muskeltversnittet økte 6,3 % i SRB og 6,1 % i TS. Det var ingen signifikant økning av muskeltversnittet i LI gruppen (2%). LI gruppen fikk en lavere forbedring av 1 RM (20,7%), sammenlignet med SRB (36,2%) og TS gruppen (40,1%) Studiet konkluderer med at SRB gruppen fikk en lignende effekt på muskelstyrke og muskeltversnitt som TS gruppen.

Artikkel	Deltakere	Hensikt	Metode	Resultat
Lixandrão et al. (2015)	26 menn (19-29 år) meldte seg frivillig til å delta i studiet. Deltakerne hadde ikke deltatt i noen form for styrketrening og/eller utholdenhets-trening minst 6 måneder i forkant av studiet.	Målet med studie var å sammenligne ulike treningsprotokoller på SRB med ulikt okklusjonspress og/eller treningsintensiteter på muskelmasse og muskelstyrke. Studie sammenligner også SRB og TS.	Deltakerne ble delt inn i 5 grupper; (1)SRB:20/40: 20% av 1RM med 40% mansjettrykk (2) SRB:20/80: 20% av 1RM med 80% mansjettrykk (3)SRB:40/40: 40% av 1RM med 40% mansjettrykk (4)SRB:40/80: 40% av 1RM med 80% mansjettrykk (5)TS80: 80% av 1RM uten redusert blodtilstrømning. SRB gruppene trente 2-3 sett x 15 repetisjoner TS80 gruppen trente 2-3 sett x 10 repetisjoner. De 2 første ukene utførte alle gruppene 2 serier, deretter økte treningsvolumet ved at gruppene utførte 3 serier resten av treningsperioden. Deltakerne trente unilateral kne ekstensjon i maskin 2 ganger i uken i 12 uker. Etter uke 6 ble 1 RM revurdert, og treningsmotstanden ble tilpasset.	Quadriiceps muskeltversnitt økte signifikant i alle gruppene, bortsett fra SRB20/40; SRB20/40 (0,78%), SRB20/80 (3,22%), SRB40/40 (4,45%), SRB40/80 (5,30%) og TS80 (5,90%). SRB gruppene som trente med høyere treningsmotstand (40% av 1RM) oppnådde en lignende effekt på muskeltversnittet som TS80 gruppen. Det var ingen signifikant forskjell mellom SRB gruppene på økningen av muskelstyrken, men SRB gruppene fikk en mye mindre økning av muskelstyrke (~12,10%) sammenlignet med TS80 gruppen (21,60%).

5.0 Diskusjon

I denne delen av oppgaven blir relevant teori og resultater fra de inkluderte forskningsstudiene diskutert opp mot problemstillingen. Hensikten er å få en oversikt over fordeler og ulemper ved SRB sammenlignet med TS på muskelstyrke og muskeltversnitt hos unge utrente menn. Avslutningsvis er det en metodisk diskusjon.

5.1 Effekten på muskelstyrke

TS gruppene i studiet til Yasuda et al. (2011) og Lixandrão et al. (2015) samsvarer med forventet økning på muskelstyrke og er på rundt 1% pr økt, mens TS gruppen i studiet til Martín-Hernández et al. (2013) ligger på rundt 1,9 % pr økt. Til sammenligning var forbedring pr økt hos SRB- gruppene i disse tre studiene på 0,5%.

4 av 5 av de inkluderte forskningsartiklene dokumenterer en større forbedring av muskelstyrke ved TS sammenlignet med SRB og at det er en signifikant forskjell mellom de to treningsprotokollene. Studiet til Laurentino et al. (2012) kom derimot frem til at det ikke var noen signifikant forskjell på muskelstyrke mellom de to treningsprotokollene etter en 8 ukers treningsperiode. Vi kan dermed se at forskningsartiklene som er inkludert i dette litteraturstudiet også kommer frem til ulike konklusjoner med tanke på effekten av SRB på muskelstyrke, sammenlignet med TS.

En mulig forklaring til at alle SRB-gruppene fikk en signifikant forbedring av muskelstyrken kan komme av at alle deltakerne var utrente. For utrente individer er treningsmotstanden som kreves for å forbedre muskelstyrken veldig lav på grunn av at de verken har god form eller riktig teknikk i utførelsen av øvelsen. American College of Sport Medicine (2009) nevner at forskning har vist å gi en effekt på muskelstyrke ved intensiteter så lave som 45-50% av 1 RM og lavere, for utrente individer. I tillegg kan den store styrkeøkningen i de to treningsprotokollene komme av, som nevnt i kapittel 2.1, forbedret evne til muskelaktivering og forbedret evne til å samordne agonister, antagonister og synergister.

Det er påstått at økningen av muskelstyrke under de 4 første ukene ved TS hovedsakelig skyldes nervøse faktorer fremfor strukturelle tilpasninger (Sale, 1988). Loenneke et al. (2012b) har foreslått at dette tradisjonelle treningsadapsjons paradigmet er reversert ved SRB og at nervøse tilpasninger ikke vil oppstå før mye senere (>8 uker). Martín-Hernández et al. (2013) er forskningsstudiet som hadde minst effekt på muskelstyrke og kan ha sammenheng med at dette studiet hadde den korteste treningsperioden (5 uker), mens studiene som varte over en lengre periode hadde en større effekt på muskelstyrken. Styrkeøkningen for SRB gruppene i studier som varer <8 uker er i motsetning til TS, et produkt av muskelvekst og ikke nervøse tilpasninger (Yasuda et al., 2011). En annen mulig grunn til at 1RM økte mer i de gruppene som trente TS, kan ifølge Martín-Hernández et al. (2013) være at disse deltakerne hadde mer øvelse i å løfte tunge vekter i en spesifikk øvelse/apparat.

Den store forbedringen i muskelstyrken i både SRB og TS i studiet til Laurentino et al. (2012), kommer sannsynligvis av at ingen av deltakerne hadde noen erfaring med

styrketrening og dermed var veldig tilpasningsdyktige til styrketreningen. De andre fire forskningsartiklene omhandler deltakere som ikke holder på med eller har utført styrketrening de siste 6 månedene før forskningsstudiet. Dette betyr ikke at de ikke har utført styrketrening før denne perioden. En årsak til at deltakerne i disse studiene ikke fikk en like stor effekt på muskelstyrken er at de muligens hadde erfaring med styrketrening fra tidligere, i motsetning til deltakerne i studiet til Laurentino et al. (2012). Hvis de hadde erfaring med styrketrening fra før, vil de i så fall få mindre fremgang. Forskjellen kan også komme av ulik treningsprotokoll, mansjettrykk, mansjettbredde, treningsintensitet og treningsvolum. Man kan også være litt kritisk til studiet til Laurentino et al. (2012) med tanke på at LI-gruppen (trente på 20% av 1 RM uten redusert blodstrøm) fikk en forbedring på hele 20 % på muskelstyrken.

Studiet til Yasuda et al. (2011) sammenlignet også SRB og TS med en gruppe som trente en kombinasjon av de to treningsprotokollene (CB-RT). CB-RT gruppen fikk en signifikant forbedring i muskelstyrken lignende TS-gruppen alene, men ikke like stor forbedring som SRB-gruppen alene. Resultatet kan tyde på at CB-RT gruppen som trente TS en gang i uken, ikke er tilstrekkelig for å få en signifikant endring i rekrutteringen av motoriske enheter, fyringsfrekvens og agonist aktivering sammenlignet med TS gruppen (Yasuda et al., 2011). Som nevnt i kapittel 2.1, vil styrketrening med høy treningsmotstand også føre til adaptasjoner i sener og knokler og at det dermed ikke er anbefalt å utføre SRB alene over lengre tid fordi det vil føre til en ubalanse mellom styrken i muskulaturen og tilhørende sener (Raastad et al., 2010, s. 98). For unge friske individer kan muligens derfor en kombinasjon av SRB og TS være den beste treningsmetoden for å maksimere treningsadaptasjoner.

Studiene i denne oppgaven er valide og pålitelige fordi deltakerne brukte 1 RM både i pre- og posttest i samme øvelsen som de utførte i treningsperioden. Det er viktig at deltagerne tester 1 RM i samme øvelse som de har utført i treningsperioden, slik at de er velkjent med og har trent testøvelsen regelmessig over tid (Raastad et al., 2010, s. 142). Det er viktig å påpeke at treningen må være spesifikk, det vil si at hvis man ønsker å få økt muskelstyrke i leg extension så må man trene leg extension. Man vil ikke få samme effekt på muskelstyrken i 1 RM posttest i for eksempel knebøy hvis deltakerne i treningsperioden har trent leg extension. Dette kommer av at knebøy stiller store krav til god teknikk og er en øvelse som går over flere

ledd og involverer flere muskelgrupper enn leg extension. 3 av 5 studier testet og utførte leg extension. Leg extension er en øvelse som er enkel å utføre, involverer få ledd og som gjør at man kan trene spesifikke muskler isolert for å øke muskelstyrken. Deltagerne i studiet til Yasuda et al. (2011) testet og utførte øvelsen benkpress. Dette er en øvelse som involverer flere ledd, flere muskelgrupper og stiller større krav til god teknikk i motsetning til leg extension. På grunn av at deltagerne har trent øvelsen regelmessig tre ganger i uken over en treningsperiode på 6 uker og at det er utarbeidet en detaljert protokoll for gjennomføringen er også denne testen pålitelig og valid. Et annet viktig kriteriet for å øke testens pålitelighet er at deltakerne har gjennomført 3-5 oppvarmingssett med progressiv motstand. 4 av 5 studier (ikke metaanalysen) gjennomførte 3-6 oppvarmingssett i forkant av 1 RM pretest. Dette gjør testen pålitelig ved at man unngår at læringseffekten skal påvirke resultatet, som spesielt er viktig blant utrente (Raastad et al., 2010, s. 142).

5.2 Effekten på muskeltversnitt

Alle SRB-gruppene fikk en signifikant forbedring av muskeltversnittet etter treningsperioden. Forbedringen varierte fra 6,24% (Martín-Hernández et al., 2013) til 36,2 % (Laurentino et al., 2012). Her er resultatene mer konsistente og tyder på, som tidligere litteratur, at de to treningsprotokollene får en lignende effekt på muskeltversnittet.

Den signifikante økningen ved SRB med treningsmotstand på 20% av 1 RM er knyttet til fysiologiske prosesser, som blant annet metabolsk stress, celledvelling og rekruttering av muskelfibre. Det er usikkert hvordan de fysiologiske prosessene foregår, men det antas at mange repetisjoner og korte pauser fører til et stort metabolsk stress på muskelen samtidig som redusert blodstrøm påvirker flere sekundære mekanismer. Ved SRB antas det at type-I fibre vil bli utmattet ved trening i et oksygenfattige miljø og føre til rekruttering av type-II fibre for å kunne opprettholde muskelkraften i øvelsen (Suga et al., 2011; Takarada et al., 2000a). Den progressive økningen i rekruttering av type-II fibre øker stresset på disse enhetene og produserer deretter tilpasninger i form av hypertrofi av disse motoriske enhetene (Manimmanakorn et al., 2013). Som nevnt i kapittel 2.3 er det antydnet at rekrutteringen av type-II fibre er avgjørende for å oppnå en betydelig treningseffekt (Suga et al., 2011). En mulig grunn til den lignende økningen av muskeltversnittet mellom de to treningsprotokollene kan derfor komme av at man får hypertrofi av både type-I og type-II fibre ved SRB trening,

slik som ved TS. Resultatene kan tyde på at man klarer å forandre det tradisjonelle størrelsesprinsippet ved SRB, slik at man klarer å aktivere flere motoriske enheter og fibre ved lav motstand.

Forskningsartikkelen til Martín-Hernández et al. (2013) konkluderer med at det ikke hjelper å doble treningsvolumet ved SRB, ved at en dobling av volumet ikke førte til økt effekt på verken muskelstyrke eller muskeltversnitt. Resultatet tyder på at det er en volumterskel, der en ytterligere volumøkning ikke er fordelaktig. Forfatteren konkluderer med at maksimalt 75 repetisjoner pr økt er tilstrekkelig for å maksimere muskeladapsjoner (Martín-Hernández et al., 2013).

Som nevnt tidligere kan ulike variasjoner i treningsprotokollen føre til ulike resultater. Lixandrão et al. (2018) kom derimot frem til i sin metaanalyse at mansjettrykket og mansjettrykket ikke hadde noe å si for effekten på muskeltversnittet ved SRB, ved at de ulike SRB protokollene fikk alle lignende økning i muskeltversnittet sammenlignet med TS. Lixandrão et al. (2015) kom derimot frem til at større mansjettrykk ved lav treningsmotstand (20% 1RM) førte til en større forbedring på muskeltversnittet. I dette studiet fikk SRB-gruppen som trente med 20% av 1 RM og et mansjettrykk på 40 en forbedring på bare 0,78 % på muskeltversnittet. SRB- gruppen som trente med samme treningsmotstand (20% av 1 RM), men med dobbelt så høyt mansjettrykk (80) fikk derimot en forbedring på 3,22 % på muskeltversnittet (Lixandrão et al., 2015). Resultatet tyder på at mansjettrykket spiller en viktig rolle for å oppnå maksimal effekt på muskeladapsjoner.

TS- gruppen i studiet til Yasuda et al. (2011), Lixandrão et al. (2015) og Martín-Hernández et al. (2013) hadde en forbedring av muskeltversnittet på 0,5-1% pr økt, noe som tilsvarer mer enn forventet (se kapittel 2.4). SRB- gruppene i disse studiene hadde derimot en økning på 0,2-0,87% pr økt, noe som tilsvarer forventet/mer enn forventet økning på muskeltversnittet sammenlignet med TS.

5.3 Gjennomføring av SRB på andre målgrupper

Ifølge Moore et al. (2004) tåler ikke alle det mekaniske stresset på sener og ledd ved gjennomføring av TS, som for eksempel gamle eller individer som er i rehabilitering. Da kan SRB med en treningsmotstand på 20% av 1 RM med tilstrekkelig mansjettrykk være effektivt, fordi da oppnår man et stort metabolsk stress på muskelen samtidig som individet unngår store mekaniske belastninger på skjelett, ledd, og sener (Moore et al., 2004). Det er også forsket på om denne treningsmetoden kan være prestasjonsfremmende for toppidrettsutøvere, som et supplement til deres ordinære trening. Da kan SRB gi utøverne en pause fra store belastninger assosiert med TS samtidig som de oppnår positive treningsadapsjoner (Loenneke & Pujol, 2009; Takarada et al., 2000a).

5.4 Praktisk applikasjon

En standard som går igjen er 1 serie med 30 repetisjoner og deretter 3 serier med 15 repetisjoner, med 30-60 sekunder pause mellom hver serie (Karabulut et al., 2010; Martín-Hernández et al., 2013; Takano et al., 2005; Wilson et al., 2013). Korte pauser kan spille en nøkkelrolle for å hemme metabolsk restitusjon og for å få størst mulige muskeladapsjoner (Ellefsen et al., 2015). Et større treningsvolum enn 75 repetisjoner er ikke nødvendig, fordi forskning har vist at dette ikke fører til økt effekt på verken muskelstyrke eller muskeltversnitt (Martín-Hernández et al., 2013). SRB bør utføres som et supplement til TS som for eksempel i slutten av en treningsøkt, eller i en kombinasjon med TS. Dette fordi SRB ikke fører til adapsjoner på sener, knokler og ledd.

5.5 Metodediskusjon

I denne delen av oppgaven skal jeg ha en kort diskusjon rundt studiedesignet som ble brukt i de inkluderte forskningsartiklene og om resultatene er generaliserbare.

5.5.1 Studiedesign

4 av 5 av de inkluderte forskningsartiklene har utført randomisert kontrollstudie som studiedesign. Ifølge Aveyard (2010, s. 48) er randomiserte kontrollstudier det beste kvalitative studiedesignet og er gull standarden for forskning som ønsker å sammenligne en behandling

med en annen. Alle forskningsartiklene, utenom studiet til Lixandrão et al. (2015), inneholder en kontroll gruppe. Studien til Lixandrão et al. (2018) er derimot en meta-analyse som sammenligner SRB og TS blant både kvinner, menn, unge og gamle. Det er derfor forventet en variabel i resultatene i denne studien sammenlignet med de randomiserte kontrollstudiene. For informasjon om bruk av målingsmetoder benyttet i de ulike studiene, henviser jeg til kapittel 3.4. Vi kan oppsummere med at studiedesignet som er brukt i de inkluderte artiklene er av høyeste kvalitet og at resultatene dermed kan generaliseres for unge utrente menn.

6.0 Konklusjon

Ut ifra de presenterte resultatene kan vi konkludere med at man får lignende effekt på muskeltversnittet ved sammenligning av SRB og TS. Resultatene på effekten av muskelstyrke ved sammenligning av de to treningsprotokollene er derimot mer varierende, men de fleste artiklene kom frem til at man vil få en større effekt på muskelstyrken ved TS sammenlignet med SRB. Man bør ikke utføre SRB som eneste treningsform over lengre tid, men en kombinasjon av de to treningsprotokollene kan være effektiv for å øke både muskelstyrke, muskeltversnitt, samt å få adaptasjoner i sener og knokler. SRB kan være en effektiv treningsmetode for individer som ikke tåler store mekaniske belastninger. Vi kan konkludere med at individer som ønsker å maksimere muskelstyrken bør utføre en mer spesifikk treningsmetode som TS, men med tanke på muskelmasse kan både SBR og TS være effektive treningsmetoder. Fremtidig forskning bør forske på hvordan de fysiologiske prosessene påvirkes ved SRB og langtidsvirkningen av en slik treningsmetode.

7.0 Litteraturliste

American College of Sport Medicine (2009). American College of Sports Medicine position stand.

Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(3), 687-708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318191567>

Abe, T., Yasuda, T., Midorikawa, T., Sato, Y., CF, K., Inoue, K., . . . Ishii, N. (2005). Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily "KAATSU" resistance training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(1), 6-12. Hentet fra https://www.jstage.jst.go.jp/article/ijktr/1/1/1_1_6/_pdf

- Aveyard, H. (2010). *Doing a literature review in health and social care: a practical guide* (2. utg.). New York: McGraw Hill Professional. Hentet fra <https://ebookcentral.proquest.com/lib/hogskbergen-ebooks/reader.action?docID=771406>
- Bækken, L. V. (2015). *Effekten av styrketrening med redusert blodstrøm på styrkeløftere på høyt nasjonalt nivå: vil to bolker à fem treningsøkter med redusert blodstrøm inkorporert i det daglige treningsarbeidet føre til en økning i muskelfiberareal, satellittcelle-og cellekjerneantall?* (Masteroppgave). Norges Idrettshøyskole. Hentet fra <https://nih.brage.unit.no/nih-xmlui/handle/11250/298188>
- Crenshaw, A. G., Hargens, A. R., Gershuni, D. H. & Rydevik, B. (1988). Wide tourniquet cuffs more effective at lower inflation pressures. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 59(4), 447-451. <https://doi.org/10.3109/17453678809149401>
- Ellefsen, S., Hammarström, D., Strand, T. A., Zacharoff, E., Whist, J. E., Rauk, I., ... & Cumming, K. T. (2015). Blood flow-restricted strength training displays high functional and biological efficacy in women: a within-subject comparison with high-load strength training. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 309(7), R767-R779. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00497.2014>
- Forsberg, C. & Wengström, Y. (2008). *Att göra systematiska litteraturstudier* (2. utg.). Stockholm: Natur och kultur.
- Helsebiblioteket. (2016, 03. juni). Sjekklister. Hentet fra <https://www.helsebiblioteket.no/kunnskapsbasert-praksis/kritisk-vurdering/sjekklister>
- Henneman, E., Somjen, G. & Carpenter, D. O. (1965). Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *Journal of neurophysiology*, 28(3), 560-580. <https://doi.org/10.1152/jn.1965.28.3.560>
- Hjelseth, A. (2000). *Samfunnsvitenskapelig metode: studiehefte*. Hentet fra https://www.nb.no/items/URN:NBN:no-nb_digibok_2008120800129
- Hwang, P. S. & Willoughby, D. S. (2019). Mechanisms Behind Blood Flow–Restricted Training and its Effect Toward Muscle Growth. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33, S167-S179. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002384>
- Karabulut, M., Abe, T., Sato, Y. & Bembem, M. (2010). The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *European Journal of Applied Physiology*, 108(1), 147-155. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1204-5>
- Krustrup, P., Söderlund, K., Relu, M. U., Ferguson, R. A. & Bangsbo, J. (2009). Heterogeneous recruitment of quadriceps muscle portions and fibre types during moderate intensity knee-extensor exercise: effect of thigh occlusion. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(4), 576-584. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00801.x>
- Laurentino, G. C., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., Aoki, M. S., Soares, A. G., MANOEL NEVES, J., . . . Tricoli, V. (2012). Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(3), 406-412. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318233b4bc>
- Libardi, C., Chacon-Mikahil, M., Cavaglieri, C., Tricoli, V., Roschel, H., Vechin, F., . . . Ugrinowitsch, C. (2015). Effect of concurrent training with blood flow restriction in the elderly. *International journal of sports medicine*, 36(05), 395-399. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1390496>
- Lixandrão, M. E., Ugrinowitsch, C., Laurentino, G., Libardi, C. A., Aihara, A. Y., Cardoso, F. N., . . . Roschel, H. (2015). Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. *European Journal of Applied Physiology*, 115(12), 2471-2480. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3253-2>
- Lixandrão, M. E., Ugrinowitsch, C., Berton, R., Vechin, F. C., Conceição, M. S., Damas, F., . . . Roschel, H. (2018). Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow restriction: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(2), 361-378. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0795-y>

- Loenneke, J. P. & Pujol, T. J. (2009). The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy. *Strength & Conditioning Journal*, 31(3), 77-84. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181a5a352>
- Loenneke, J. P., Wilson, J., Wilson, G., Pujol, T. & Bemben, M. (2011). Potential safety issues with blood flow restriction training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(4), 510-518. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01290.x>
- Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Abe, T. & Bemben, M. G. (2012a). The anabolic benefits of venous blood flow restriction training may be induced by muscle cell swelling. *Medical Hypotheses*, 78(1), 151-154. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2011.10.014>
- Loenneke, J. P., Wilson, J., Marín, P., Zourdos, M. & Bemben, M. (2012b). Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *European Journal of Applied Physiology*, 112(5), 1849-1859. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2167-x>
- Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S. & Abe, T. (2014). Does blood flow restriction result in skeletal muscle damage? A critical review of available evidence. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(6), 415-422. <https://doi.org/10.1111/sms.12210>
- Lowery, R. P., Joy, J. M., Loenneke, J. P., Souza, E. O., Machado, M., Dudeck, J. E. & Wilson, J. M. (2014). Practical blood flow restriction training increases muscle hypertrophy during a periodized resistance training programme. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 34(4), 317-321. <https://doi.org/10.1111/cpf.12099>
- Manimmanakorn, A., Hamlin, M. J., Ross, J. J., Taylor, R. & Manimmanakorn, N. (2013). Effects of low-load resistance training combined with blood flow restriction or hypoxia on muscle function and performance in netball athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(4), 337-342. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.08.009>
- Martín-Hernández, J., Marín, P. J., Menéndez, H., Ferrero, C., Loenneke, J. P. & Herrero, A. J. (2013). Muscular adaptations after two different volumes of blood flow-restricted training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(2), e114-e120. <https://doi.org/10.1111/sms.12036>
- Mattar, M. A., Gualano, B., Perandini, L. A., Shinjo, S. K., Lima, F. R., Sá-Pinto, A. L. & Roschel, H. (2014). Safety and possible effects of low-intensity resistance training associated with partial blood flow restriction in polymyositis and dermatomyositis. *Arthritis research & therapy*, 16(5), 473. <https://doi.org/10.1186/s13075-014-0473-5>
- Moore, D., Burgomaster, K., Schofield, L., Gibala, M., Sale, D. & Phillips, S. (2004). Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with vascular occlusion. *European Journal of Applied Physiology*, 92(4-5), 399-406. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1072-y>
- Nakajima, T., Kurano, M., Iida, H., Takano, H., Oonuma, H., Morita, T., . . . Nagata, T. (2006). Use and safety of KAATSU training: results of a national survey. *International Journal of KAATSU Training Research*, 2(1), 5-13. <https://doi.org/10.3806/ijktr.2.5>
- Pearson, S. & Hussain, S. (2015). A Review on the Mechanisms of Blood-Flow Restriction Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy. *Sports Medicine*, 45(2), 187-200. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0264-9>
- Pope, K. Z., Willardson, M. J. & Schoenfeld, J. B. (2013). Exercise and Blood Flow Restriction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2914-2926. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182874721>
- Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P. E., Rønnestad, B. R. & Wisnes, A. R. (2010). *Styrketrening : i teori og praksis*. Oslo: Gyldendal.
- Reinar, L. M. & Jamtvedt, G. (2019, 23. desember). Hvordan skrive en systematisk oversikt. *Sykepleien forskning*, 9(3), 238-246. <http://doi.org/10.4220/sykepleienf.2010.0121>
- Sale, D. G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 20(5), 135-145. <https://doi.org/10.1249/00005768-198810001-00009>
- Sato, Y. (2005). The history and future of KAATSU training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(1), 1-5. <https://doi.org/10.3806/ijktr.1.1>

- Scott, B. R., Loenneke, J. P., Slattery, K. M. & Dascombe, B. J. (2015). Exercise with blood flow restriction: an updated evidence-based approach for enhanced muscular development. *Sports Medicine*, 45(3), 313-325. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0288-1>
- Suga, T., Okita, K., Takada, S., Omokawa, M., Kadoguchi, T., Yokota, T., ... & Kinugawa, S. (2012). Effect of multiple set on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *European journal of applied physiology*, 112(11), 3915-3920. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2377-x>
- Takada, S., Okita, K., Suga, T., Omokawa, M., Kadoguchi, T., Sato, T., . . . Tsutsui, H. (2012). Low-intensity exercise can increase muscle mass and strength proportionally to enhanced metabolic stress under ischemic conditions. *Journal of applied physiology*, 113(2), 199-205. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00149.2012>
- Takano, H., Morita, T., Iida, H., Asada, K.-i., Kato, M., Uno, K., . . . Nakajima, T. (2005). Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *European Journal of Applied Physiology*, 95(1), 65-73. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-1389-1>
- Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S. & Ishii, N. (2000a). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *Journal of applied physiology*, 88(1), 61-65. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.1.61>
- Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y. & Ishii, N. (2000b). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of applied physiology*, 88(6), 2097-2106. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.6.2097>
- Takarada, Y., Tsuruta, T. & Ishii, N. (2004). Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. *The Japanese journal of physiology*, 54(6), 585-592. <https://doi.org/10.2170/jjphysiol.54.585>
- Wernbom, M., Augustsson, J. & Thomeé, R. (2006). Effects of vascular occlusion on muscular endurance in dynamic knee extension exercise at different submaximal loads. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(2), 372-377. <https://doi.org/10.1519/R-16884.1>
- Wernbom, M., Paulsen, G., Bjørnsen, T., Cumming, K. & Raastad, T. (2019). Risk of Muscle Damage With Blood Flow - Restricted Exercise Should Not Be Overlooked. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 1. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000755>
- Wilson, M. J., Lowery, P. R., Joy, M. J., Loenneke, P. J. & Naimo, A. M. (2013). Practical Blood Flow Restriction Training Increases Acute Determinants of Hypertrophy Without Increasing Indices of Muscle Damage. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(11), 3068-3075. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31828a1ffa>
- Yasuda, T., Ogasawara, R., Sakamaki, M., Ozaki, H., Sato, Y. & Abe, T. (2011). Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. *European Journal of Applied Physiology*, 111(10), 2525-2533. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1873-8>