

***Effekter av maksimal styrketrening og
anbefalinger for overvektige voksne med
hypertensjon: en litteraturstudie***

***The effects of maximal resistance training and
recommendations for overweight hypertensive
adults: a literature review***

**Bacheloroppgave i bevegelsesvitenskap
BEV2900 - Vår 2019**

Institutt for nevromedisin og bevegelsesvitenskap, NTNU

Kandidatnummer: 10050 og 10020

Antall ord i abstrakt: 193 (Norsk), 196 (Engelsk)

Antall ord i oppgaven: 4957

Innholdsfortegnelse

ABSTRAKT	3
ABSTRACT	4
1.0 INTRODUKSJON	5
2.0 METODE	7
3.0 RESULTATER	8
4.0 DISKUSJON	10
4.1 AKUTT BLODTRYKKSRESPONS (ABTR)	10
4.2 LANGTIDS BLODTRYKKSSENKENDE EFFEKT (LBTE).....	12
4.3 ENDOTELFUNKSJON.....	12
4.4 KROPPSKOMPOSISJON, METABOLSKE FAKTORER OG MUSKELSTYRKE.....	13
4.5 RISIKOVURDERING	15
4.6 TRENINGSPARAMETERE.....	16
4.7 SVAKHETER OG ANBEFALINGER FOR FREMTIDIG FORSKNING	18
5.0 KONKLUSJON	19
LITTERATURLISTE	20

Abstrakt

Hensikt Kartlegge akutt blodtrykksrespons (ABTR) og langtids blodtrykkssenkende effekt (LBTE) ved maksimal styrketrening (MST) for overvektige voksne med hypertensjon, og dermed vurdere om denne styrketreningsformen kan anbefales pasientgruppen.

Metode Søk i databasene PubMed, Medline og Embase resulterte i syv relevante artikler, vurdert ut i fra følgende kriterier: publisert siste 15 år, voksne subjekter (alder 19-64 år), BMI ≥ 25 , blodtrykk $\geq 130/80$ mmHg og intensitet $\geq 80\%$ 1RM.

Resultater MST øker systolisk blodtrykk under eller rett etter et arbeidssett. Total ABTR er større med hypertensjon, samt høyere under lavintensitet styrketrening (LST), sammenlignet med MST (Δ SBP, LST: $+86,4 \pm 3,7$ vs. $+63,3 \pm 2,7$ mmHg og MST: $+73,7 \pm 4,3$ vs. $+59,7 \pm 2,7$ mmHg). MST resulterte i LBTE (6,1% SBP, 7,9% DBP), bedret mikrovaskulær funksjon og økt blodgjennomstrømming, økt fettfri masse og redusert visceralt fett, samt forbedret triglyserid- og kolesterolnivåer blant overvektige voksne med hypertensjon.

Konklusjon MST kan sannsynligvis være gjennomførbart under oppsyn, med grundig opplæring av teknikk, unngåelse av koffein-inntak og om mulig med kontinuerlig blodtrykksmåling under styrketreningen. Likevel er det ikke mulig å fastslå om fordelene ved MST utveier risikoene og kan anbefales fremfor LST, som er dagens anbefalinger. Det behøves flere randomiserte kontrollerte studier med intervensjoner der intensiteten er $>80\%$ av 1RM.

Nøkkelord Blodtrykksrespons, hypertensjon, maksimal styrketrening, overvekt

Abstract

Purpose Determine if maximal resistance training (MST) can be recommended for overweight hypertensive adults, by examining the acute blood pressure response (ABTR) and long-term blood pressure lowering effect (LBTE).

Methods A literature search was conducted in Pubmed, Medline and Embase, which resulted in seven relevant articles based on the following criteria: published in the last 15 years, adult subjects (age 19-64), BMI ≥ 25 , blood pressure $\geq 130/80$ mmHg and intensity $\geq 80\%$ of 1RM.

Results MST increases systolic blood pressure during or immediately after exercise. The total ABTR is greater among hypertensives and low-intensity resistance training (LST) elicits a higher ABTR than MST (Δ SBP, LST: $+86,4 \pm 3,7$ vs. $+63,3 \pm 2,7$ mmHg og MST: $+73,7 \pm 4,3$ vs. $+59,7 \pm 2,7$ mmHg). MST resulted in a LBTE (6,1% SBP, 7,9% DBP), improved microvascular function and increased blood flow, reduced visceral fat and increased lean body mass, while also improving triglyceride- and cholesterol levels.

Conclusion MST is likely appropriate if rigorous instruction regarding technique is accompanied by caffeine avoidance, supervision and continuous blood pressure measurement during exercise. Nevertheless, it is still not possible to determine if the benefits outweigh the potential risks of MST. Additional randomized controlled trials including interventions with intensities $>80\%$ of 1RM are needed.

Keywords Blood pressure response, hypertension, maximal resistance training, overweight

1.0 Introduksjon

Hypertensjon er i dag den viktigste modifiserbare risikofaktoren for både hjerte-karsykdommer og dødelighet (1). Dette kan ses i sammenheng med at hypertensjon er direkte tilknyttet overvekt (≥ 25 BMI) og medfølgende livsstilssykdommer (2). Definisjonen på hypertensjon er et forhøyet blodtrykk på over 130/80 mmHg i hvile, etter nye retningslinjer fra American Heart Association (3). De nye retningslinjene deler inn i fem kategorier for blodtrykk: normal ($< 120/80$ mmHg), elevert ($120-129/< 80$ mmHg), grad 1 ($130-139/80-89$ mmHg), grad 2 ($\geq 140/90$ mmHg) og hypertensiv krise ($> 180/120$ mmHg). Antall personer med hypertensjon øker verden over, følgelig forventes det at omtrent 30% av jordens befolkning er hypertensive innen år 2025 (1).

Anbefalingene fra Helsedirektoratet for styrketrening med hypertensjon er utførelse av mange repetisjoner med lav motstand (1). Dette gjelder for alle blodtrykkskategoriene, med unntak av hypertensiv krise, som krever farmakologisk behandling før regelmessig fysisk aktivitet kan vurderes (3). Derfor fokuseres det kun på hypertensjon grad 1 og 2 i denne litteraturstudien. Tidligere forskning er allerede klar på at utholdenhetstrening er en trygg og anbefalt treningsform å benytte for å senke blodtrykket hos hypertensive (4). Det er sannynligvis mulig å oppnå en langtids blodtrykkssenkende effekt (LBTE), gjennom å regelmessig oppnå post-exercise hypotensjon (PEH), hvilket er en akutt blodtrykkssenkning forårsaket av modulering av det sympatiske nervesystemet etter en treningsøkt (4). Flere systematiske oversiktsartikler dokumenterer lignende LBTE etter lav-moderat intensitet styrketrening, men effekten av maksimal styrketrening er fortsatt uklar (4,5).

Maksimal styrketrening (MST) defineres som styrketrening med bruk av høy motstand (85-100% av 1RM), 1-5 repetisjoner og med en vektlegging på nevralt tilpasning for økt styrke framfor muskelvekst (6,7). Det ble ikke funnet studier gjennomført med $> 80\%$ av 1RM på overvektige voksne med hypertensjon, derfor er intervensjoner med intensitet på 80% av 1RM eller utførelse av ≤ 8 repetisjoner til utmattelse definert som MST i denne studien. Det er forstøtt uenigheter om treningsinduserte effekter av MST og hvorvidt det kan anbefales som en trygg treningsform for hypertensive eller ikke. Denne uenigheten er hovedsakelig grunnet at en tidligere studie av MacDougall et al. (8) viser til svært høy akutt blodtrykksrespons (ABTR) som en effekt av MST, selv ved tilsynelatende unngåelse av valsalva manøver

(lukket glottis under arbeid). ABTR under styrketrening skyldes først og fremst at økt muskelaktivering stiller større krav til blodgjennomstrømming, hvilket løses med å øke hjertets minuttvolum som resulterer i økt blodtrykk (8). I tillegg øker blodtrykket ytterligere etter hvert som flere motoriske enheter rekrutteres som følge av at mekanisk kompresjon av blodårer medfører systemisk vasokonstriksjon (8). Endotelfunksjon spiller dermed en sentral rolle i reguleringen av blodgjennomstrømmingen, med tanke på blodårenes evne til å dilatere og konstringere for å tilpasse blodtrykket avhengig av fysiologiske behov (2).

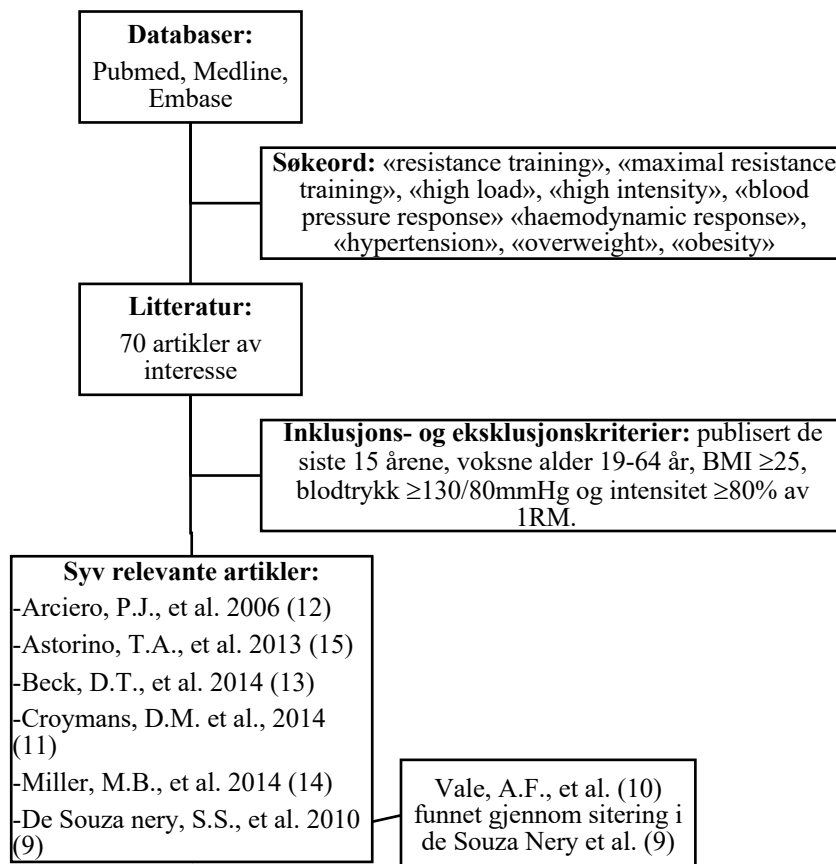
Med bakgrunn i tidligere forskning er dagens anbefalinger at hypertensive bør gjennomføre lavintensitet styrketrening (LST), hovedsakelig for å sikre lavest mulig ABTR under trening slik at risiko for akutte hendelser minimeres (1,8). I denne litteraturstudien defineres LST som alle intervensjoner utført med intensitet <80% av 1RM eller utførelse av >8 repetisjoner under arbeidssett. I motsetning til studien av MacDougall et al. (8) som viste svært forhøyet ABTR under MST, har nyere studier av Gjøvaag et. al (9) og de Souza Nery et al. (10) presentert resultater som viser at MST fører til lavere ABTR enn LST.

Hensikten med denne litteraturstudien er derfor å kartlegge ABTR og LBTE ved MST for overvektige voksne med hypertensjon, og dermed vurdere om denne styrketreningsformen kan anbefales pasientgruppen. Studien vil rette fokus mot påstander om mulig forhøyet risiko ved utførelse av MST og om tilhørende effekter er tilsvarende dagens anbefalinger for styrketrening. Hypotesen er at overvektige voksne med hypertensjon kan utføre MST under oppsyn og med tilstrekkelig opplæring innen løfte- og pusteteknikker.

2.0 Metode

En beskrivelse av litteratursøket er presentert i flytskjemaet under (*figur 1*). Etter vurdering av relevans basert på inklusjons- og eksklusjonskriterier gjenstod syv artikler med betydningsfulle resultater for problemstillingen.

Figur 1: Flytskjema for litteratursøk



3.0 Resultater

Resultatene beskrevet i *Tabell 1* viser at MST signifikant øker systolisk blodtrykk enten under eller rett etter et arbeidssett (10,11). Samtidig fant de Souza Nery et al. (10) at både systolisk- og diastolisk blodtrykk (SBP og DBP) øker progressivt utover hvert sett, og total ABTR er signifikant større blant individer med hypertensjon sammenlignet med normotensive uavhengig av intensitet (Δ SBP, LST: $+86,4 \pm 3,7$ vs. $+63,3 \pm 2,7$ mmHg og MST: $+73,7 \pm 4,3$ vs. $+59,7 \pm 2,7$ mmHg). Dermed var ABTR høyere under LST intervensjon (10), i tillegg førte det til signifikant høyere dobbeltprodukt ($DP = SBP \times HR$) sammenlignet med MST (11), som indikerer forhøyet kardiovaskulært stress. Til tross økt ABTR viser flere av studiene en langtids blodtrykkssenkende effekt av MST, gjennomsnittlig 6,1% og 7,9% reduksjon av henholdsvis SBP og DBP (12–15).

Croymans et al. (12) oppdaget ingen endringer i arteriell stivhet, på en annen side tyder resultatene til Beck et al. (14) på at bedret oksidativ og antioksidativ status etter MST resulterte i bedret endotelfunksjon gjennom økt NO-tilgjengelighet (mengde tilgjengelig nitrogenmonoksid, en vasodilator) og blodgjennomstrømming. MST viste seg å ha god effekt på å forbedre kardiovaskulære risikofaktorer som høyt kolesterol- og triglyseridnivå, samt kroppskomposisjon (15). Flere langvarige styrkeintervensjoner (>4 uker) viste også økt muskelstyrke blant utvalget etter fullført intervensjon (12,13,15). Selv om resultatene viser gode effekter av MST, er anbefalingene enten å fortsette med LST, eller at det er behov for mer forskning på effekter av MST for overvektige voksne med hypertensjon.

Tabell 1: Bakgrunnsinformasjon, metode og resultater fra utvalgte artikler funnet under litteratursøket.

Referanse	Utvalg	Intervensjon	Resultater	Anbefalinger
Arciero, P.J., et al. 2006 (13)	n=63 (29 menn, 34 kvinner), 26-60 år, BMI >25 og HT	Tre 12 ukers intervensjoner: 1.RC+BD: MST (4-6 sett, 6-12 reps, 10MET) og høyintensitet-utholdenhetstrening (HIIT 5-9RPE) + balansert diett. 2.C+TD: moderat utholdenhetstrening + tradisjonell matpyramide. 3.C: Inaktiv kontrollgruppe	-RC+BD ↑ forbedring av kroppskomposisjon, CVD risikofaktorer og muskelstyrke enn C+TD og C -Signifikant ↓ SBP+DBP (5,7% SBP, 11,5 % DBP) for RC+BD gruppen	Oppfølging er essensielt for opprettholdelse av forbedrede metabolske- og CVD risikofaktorer
Astorino, T.A., et al. 2013 (16)	n=14, menn, 20-29 år, BMI >25	7 normotensive vs 7 hypertensive. Koffein vs placebo. Utførte 7 øvelser, 4 sett, 70-80% 1RM under to separate økter med én ukes mellomrom	-Signifikant akutt ↑ ABTR blant hypertensive med koffein og placebo -Ingen PEH	Lav intensitet styrketrening og unngå samtidig inntak av koffein ved HT
Beck, D.T., et al. 2014 (14)	n=43, 18-35 år, prehypertensive (HT i følge nye retningslinjer), BMI >25	Randomisert til tre grupper, 8 uker intervensjon: 1.PHRT: MST 2x8-12 reps til teknisk utmattelse. 2.PHET: Utholdenhetstrening, 65-85% HRmax. 3.PHTC: ikke- trening kontrollgruppe + normotensiv kontrollgruppe	-Signifikant ↓ SBP+DBP for PHRT (7,52% SBP, 9,76% DBP) og PHET -8 uker PHRT eller PHET forbedrer hemmet mikrovaskulær funksjon og oksidativ/antioksidant status for hypertensive	Sannsynlig at PHRT og PHET intervensjon øker NO-tilgjengelighet, som ↑ blodgjennomstrømming. Trengs flere studier der det tas hensyn til SNS modulering
Croymans, D.M. et al., 2014 (12)	n=36, menn, 20-23 år, HT, inaktive, BMI >35	12 uker, subjekter randomisert til: 1.RT: MST tre økter per uke, 3x6-8reps, 6-8RM 2. C: inaktiv kontrollgruppe	- ↓ SBP+DBP (6,44% SBP, 6,79% DBP) både målt sentralt og brakialt -Signifikant bedre 1RM post-resultat -Ingen endringer i faktorer for arteriell stivhet	MST ↓ sannsynligvis CVD risiko. Fremtidige studier bør undersøke om effektene er relatert til faktiske endringer i risiko
Miller, M.B., et al. 2014 (15)	n=8, 34±12 år, menn, HT, BMI >30	4 ukers MST-sirkeltrening, 3x30 min per uke, 7 øvelser, 3x8-12 reps, 70-80% 1RM	-Signifikant ↑ muskelmasse, ↓ SBP (5%), hvilepuls, fettmasse, triglyserid- og kolesterol nivåer	Lovende resultater for tidseffektiv trening for å bedre CVD risikofaktorer. Trengs mer studier på risikogrupper og grupper med kroniske lidelser
De Souza Nery, S.S., et al. 2010 (10)	n=20 (10 hypertensive 46±3år, 10 normotensive 39±2år), BMI >25	Randomisert rekkefølge. 3 sett kneekstensjon til utmattelse ved 40% 1RM (gj. snitt 11-19 reps, 45s pause) og 80% 1RM (gj.snitt 6-8reps, 90s pause) med kontinuerlig måling av intra-arterielt radiale blodtrykk	-40% 1RM til utmattelse gav størst ↑ ABTR (238±12/140±8 mmHg) -Total ABTR større med HT uavhengig av intensitet -SBP+DBP øker progressivt utover settene, ↓ stabilisering av BT mellom sett med HT	Lav intensitet, få repetisjoner og lange pauser. Trengs flere studier på total arbeidsbelastning under styrketrening med HT
Vale, A.F., et al. 2018 (11)	n=15, kvinner, 45-69 år, hypertensjon, BMI >35	Alle subjekter utførte tre protokoller, randomisert rekkefølge: 1.15RM, 3 øvelser, 3sett, 2min pause 2.6RM, 3 øvelser, 3 sett, 2min pause 3.Kontrollgruppe	-6RM signifikant akutt ↑ABTR i forhold til hvile og kontroll -Signifikant ↑HR og DP for 15RM i forhold til 6RM og kontroll	15RM resulterer i større ↑HR og DP som indikerer ↑kardiovaskulært stress, sammenlignet med 6RM. Tyder på at 6RM kan være et tryggere alternativ

Forkortelser: ABTR= akutt blodtryksrespons, CVD= kardiovaskulær sykdom, DP= dobbeltprodukt, HT= hypertensjon, HR= hjerterate, HIIT= høyintensitet intervalltrening, SBP= systolisk blodtrykk, SNS= sentralnervesystemet, DBP= diastolisk blodtrykk, PEH= post exercise hypotensjon

4.0 Diskusjon

Hensikten var å vurdere om MST kan anbefales for overvektige voksne med hypertensjon. Resultatene antyder at MST kan være gjennomførbart og gir lavere ABTR enn LST. Dette motsier tidligere studier som dagens anbefalinger om LST er utarbeidet fra (1,8). Det er uenighet om hvilke faktorer som har innvirkning på blodtrykksresponsen under styrketrening og i hvor stor grad faktorene bidrar. Dessuten fremkommer det at MST vil kunne ha en langtids blodtrykkssenkende effekt, samt positiv effekt på endotelfunksjon og kroppskomposisjon blant overvektige voksne med hypertensjon.

4.1 Akutt blodtrykksrespons (ABTR)

Resultatene viser at de Souza Nery et al. (10) sine hypertensive subjekter hadde lavere ABTR under MST sammenlignet med LST, noe som støttes i en studie av Gjølvaag et al. (9), der fire sett med kneekstensjon ble utført med to ulike protokoller (4RM og 20RM) på normotensive voksne menn. Vale et al. (11) målte også ABTR hos overvektige voksne med hypertensjon, men det ble ikke funnet tilsvarende signifikant forskjell mellom protokollene, selv om det ble målt større dobbeltprodukt med LST. Sannsynligvis skyldes dette til en viss grad at blodtrykksmålingene ble utført rett etter utførelse, i stedet for kontinuerlig under utførelse som i førstnevnte studier.

Innledningsvis ble det nevnt at det har blitt målt svært høye blodtrykksøkninger under MST. Samtidig viser det seg at individer med hypertensjon opplever generelt større ABTR under styrketrening sammenlignet med normotensive, trolig knyttet til økt sympatisk aktivitet i hvile og aktivitet (10). Flere faktorer kan bidra til å forklare elevert ABTR under styrketrening, men én som ofte nevnes i denne sammenheng er valsalmåner. Narloch & Brandstater (17) sammenlignet MST (85-100% av 1RM) med og uten valsalmåner under utførelse av settene, der utførelse med valsalmåner resulterte i signifikant høyere gjennomsnittlig SBP. Dermed er det enighet om at det er tryggere å gjennomføre MST uten valsalmåner (8,17).

Blodtrykksmålingene til MacDougall et al. (8) ble gjort i forbindelse med en studie på mannlige kroppsbyggere som utførte beinpress uten tilsynelatende valsalmåner ved 90% av 1RM til utmattelse. Studien viste lovende resultater om at blodtrykket øker gradvis for hver repetisjon, men det som fikk mest oppmerksomhet var ekstrem ABTR (320/225 mmHg) målt

under utførelse til tross for unngåelse av valsalva. Dagens anbefalinger er blant annet basert på disse verdiene, som kan være uhensiktsmessig med tanke på at verdiene ble målt under utførelse av opptil 17RM, siden det er unormalt å oppnå så høyt repetisjonsantall ved så høy prosent av 1RM.

Kroppsbyggere har ekstremt stor muskelmasse og påfølgende høy blodgjennomstrømming, noe som kan ha bidratt til ytterligere ABTR. Til sammenligning klarte subjektene i Gjøvaag et al. (9) sin studie kun å utføre 4RM med 89% av 1RM. Derfor kan resultatene fra MacDougall et al. (8) muligens være mer sammenlignbart med 20RM (50% av 1RM, LST) protokollen utført av Gjøvaag et al.(9), som resulterte i signifikant høyere ABTR sammenlignet med 4RM (89% av 1RM, MST). Selv om intensitet i prosent av 1RM ikke samsvarer mellom 17RM utført av kroppsbyggere og 20RM utført av normotensive voksne, er det tydelig likhetstrekk i forhold til antall repetisjoner utført til utmattelse.

Med tanke på faktorer som påvirker ABTR under MST, konkluderte MacDougall et al. (8) blant annet med at det var relativ innsats og tretthet som førte til betydelig økning. Et mulig problem med å utnevne relativ innsats som en faktor, er at LST ofte forbindes med lavere innsats enn MST. Derimot kan LST som utføres til utmattelse i grunn kreve tilsvarende eller mer innsats og resultere i større fysiologisk respons enn MST (9). Relativ innsats og tilhørende fysiologisk respons avhenger av treningens påvirkning av faktorer som hjertefrekvens, minuttvolum, laktat og selvoppfattete utmattelse. Høyere verdier ble målt for samtlige av faktorene ved LST sammenlignet med MST i studien til Gjøvaag et al.(9). En mulig forklaring kan være at tid under tensjon gjennom antall utførte repetisjoner er en viktig bidragsyter for ABTR, hvilket demonstreres av MacDougall et al. (8) og bekreftes av både de Souza Nery et al. (10) og Gjøvaag et al. (9).

Dermed vil det være hensiktsmessig å tilpasse styrketreningsintervensjoner med bakgrunn i den betydelige effekten av tid under tensjon på ABTR. De Souza Nery et al. (10) viste også at overvektige voksne med hypertensjon har redusert evne til å stabilisere blodtrykket under pauser mellom sett, som understreker at det kan være viktig å implementere lengre pauser i styrketreningsprogram. Konsekvent bør den totale arbeidsbelastningen tilpasses for å redusere kardiovaskulært stress under MST, gjennom fornuftig tilpasning av sentrale elementer i en styrkeintervensjon: intensitet (% av 1RM), antall repetisjoner og pausevarighet.

4.2 Langtids blodtrykkssenkende effekt (LBTE)

Med tanke på langtidseffekter er det tydelig dokumentert at styrketrening senker hvileblodtrykket (5,18), men LBTE er ikke studert like nøye med MST-intervensjoner. Miller et al. (15) konkluderte at MST var lovende for å oppnå LBTE hos menn med fedme, som støttes av Croymans et al. (12) sin studie der MST hadde god effekt på sentralt blodtrykk etter 12 ukers intervensjon. Dette kan trolig skyldes redusert total perifer motstand, noe som støttes av Beck et al. (14) sin studie som viste bedret endotelfunksjon gjennom økt blodgjennomstrømming og NO-tilgjengelighet blant unge prehypertensive (hypertensive etter dagens retningslinjer). Det er derimot vanskelig å konkludere om tilsvarende effekt oppnås hos kvinner med fedme og hypertensjon, da de ikke ble inkludert i nevnte studier (12,15).

Arciero et al. (13) oppdaget LBTE etter MST-intervensjon kombinert med høyintensitet utholdenhetstrening, mens tilsvarende effekt ikke ble funnet med moderatintensitet utholdenhetstrening alene. Forskjellen kan muligens skyldes en større reduksjon av abdominalt fett blant MST-gruppen, da dette kan vurderes som en indirekte faktor tilknyttet hypertensjon (13). Samtidig kan det diskuteres at LBTE i studien ikke kan tilskrives MST, men heller skyldes at høyintensitet utholdenhetstrening har bedre effekt på endotelfunksjon enn moderatintensitet-, hvilket har sammenheng med total perifer motstand og dermed blodtrykket (19). Samtlige subjekter i studien til Arciero et al. (13) kan derimot ikke kategoriseres som hypertensive, men det kan likevel tyde på at MST har effekt på faktorer tilknyttet blodtrykket hos overvektige prehypertensive.

I en oversiktsartikkel av Kelley et al. (18) ble resultater fra studier på styrketrenings LBTE vurdert, hvorav det ble konkludert at det var ingen forskjell mellom en konvensjonell MST- og LST-protokoll. Dette kan støtte dagens anbefalinger om LST for hypertensive, siden det understreker at man ikke oppnår ytterligere kardiovaskulære fordeler med MST. Totalt sett er det behov for videre forskning på LBTE blant overvektige voksne med hypertensjon. Studiene tyder på at MST kan resultere i LBTE grunnet bedret endotelfunksjon og reduksjon av abdominalt fett, men trolig ikke i større grad enn LST.

4.3 Endotelfunksjon

Tidligere studier viser at hypertensive har endoteldysfunksjon (10), og svekket endotelfunksjon kan sannsynligvis skyldes blant annet økt arteriell stivhet, redusert

mikrovaskulær funksjon og ugunstig oksidant/antioksidant balanse. En systematisk oversiktsartikkel av Li et al. (20) undersøkte styrketreningens effekt på arteriell stivhet, hvor de fant at MST har en ugunstig effekt på endotelfunksjon gjennom økt sentral arteriell stivhet. Konsekvent anbefales populasjoner med økt kardiovaskulær risiko å unngå MST (20). Det betyr ikke nødvendigvis at dette gjelder for hypertensive, da det er utført få studier på denne populasjonen. Etter 12 uker med MST var det ingen endringer i faktorer for arteriell stivhet blant de overvektige hypertensive subjektene i studien til Croymans et al. (12). Det kan forklares med at det er uklart om redusert arteriell elastisitet skyldes en patologisk prosess eller bare en fysiologisk adaptasjon til treningen, og det mangler bevis som kobler vedvarende styrketrening til endoteldysfunksjon.

Begrepet mikrovaskulær funksjon omtaler små arterier eller arteriølers vasodilatoriske og vasokonstringerende evne, som bidrar til å regulere blodgjennomstrømming. I tillegg til redusert mikrovaskulær funksjon er hypertensjon også assosiert med forstyrret oksidant/antioksidant status og redusert NO-tilgjengelighet (14). Beck et al. (14) oppdaget økt blodgjennomstrømming som følge av bedret mikrovaskulær funksjon og oksidant/antioksidant balanse etter MST. Sannsynligvis skyldes økt blodgjennomstrømming økningen av kapillær- og arterioleproliferasjon, hvilket støttes av Croymans et al. (12) sine funn av elevert vaskulær endotelvektfaktor etter MST, som indikerer økt nydannelse av blodårer. Derimot er mekanismene som står bak redusert systemisk oksidativt stress i studien til Beck et al. (14) uklare. En mulig forklaring er økt NO-tilgjengelighet som effekt av treningen og det frie radikalets tilhørende antioksidative egenskaper. I motsetning til tidligere forskning ser det ut til at MST har ingen effekt på arteriell stivhet, men trolig en positiv effekt på mikrovaskulær funksjon hos overvektige hypertensive.

4.4 Kroppskomposisjon, metabolske faktorer og muskelstyrke

Siden overvekt og fedme er direkte knyttet til hypertensjon, vil kroppskomposisjon og metabolske faktorer være sentralt å ta hensyn til. Studien til Miller et al. (15) viste at MST var like effektivt for reduksjonen av kroppsfett og økning av muskelmasse som LST og utholdenhetstrening. Dette støttes av studiene til både Croymans et al. (12) og Arciero et al. (13), der det også ble vist økning av muskelmasse og reduksjon av fettprosent blant subjekter som utførte MST.

I Arciero et al. (13) sin studie ble det som sagt funnet bedre effekt på fettreduksjon ved MST, sammenlignet med moderatintensitet utholdenhetstrening. Det er derimot ikke gitt at MST i seg selv utgjør denne forskjellen, men heller at det kan ha vært ulikt treningsvolum og konsekvent ulikt energiforbruk eller varierende diett i de forskjellige gruppene. Om MST er mer effektivt enn andre treningsformer for kroppskomposisjonen er derfor usikkert. Den samme studien hevder også at bedret kroppskomposisjon ved MST trolig skyldes mer uttalt reduksjon i abdominalt fett (13). Dette kan ha en positiv påvirkning på blodtrykket ettersom det er en korrelasjon mellom blodtrykk og kroppsmassen, et forhold som nylig har vist seg å være indirekte påvirket av mengde abdominalt fett (21).

Med fokus rettet mot metabolske faktorer viste Croymans et al. (12) at forbedringer i sentralt SBP trolig reduserte systemisk inflammasjon og LDL-kolesterol, men i likhet med tidligere forskning var det ingen signifikante forbedringer av blodlipider etter fullført styrkeintervensjon (22). Reduksjon av LDL-kolesterol og ingen reduksjon av blodlipider ble også funnet av Arciero et al. (13), og bemerkelsesverdig nok etter kun én uke med MST var triglyserid- og kolesterolnivå også senket i studien til Miller et al. (15). Til tross for stor variasjon i intervensjonenes intensitet, varighet og utførelse, kan det se ut til at MST har en kolesterolsenkende effekt lignende utholdenhetstrening og LST. Dette stemmer overens med en oversiktsartikkel av Mann et al. (23) som sammenlignet ulike treningsmodaliteters effekt på kolesterolnivå.

Det er tidligere vist at MST med vektlegging på nevralt tilpasning har god effekt på muskelstyrke gjennom å øke hurtighet på kraftutvikling (7), som ser ut til å være tilfellet også blant overvektige voksne med hypertensjon. Croymans et al. (12), Arciero et al. (13) og Miller et al. (15) viste økt muskelstyrke blant subjektene etter henholdsvis tolv og fire ukers intervensjon, men resultatene fra de to sistnevnte studiene er kun presentert som prosentvis økning i belastning fra første til siste treningsøkt. Konsekvent kan økningen i stor grad skyldes tilvenning til øvelsene fremfor nevralt tilpasning for å koble på flere motoriske enheter og øke hurtighet på kraftutvikling. Hovedsakelig antyder resultatene at MST har god effekt på økning av muskelmasse og -styrke, reduksjon av fettprosent, samt senkning av triglyserid- og kolesterolnivå uten påvirkning på blodlipider. Likevel er det vanskelig å trekke konklusjoner angående MST, siden effektene kan tilskrives andre faktorer som for eksempel studienes varighet, diett, treningsform og -volum.

4.5 Risikovurdering

Grunnet mulig forhøyet ABTR under MST er det viktig med kompetanse og å vise noe forsiktighet med hypertensive pasienter. ABTR under MST kan være risikofylt med hypertensjon, blant annet grunnet at de har større risiko for aneurisme rupturer (10). Likevel ble det ikke rapportert noen alvorlige hendelser under studiene, selv ved 80% av 1RM. Sannsynligvis skyldes deler av dette at intervensjonene inneholdt grundig opplæring i puste- og løfteteknikk. Alle treningsøktene var også under oppsyn, konsekvent kan det ikke anbefales å utføre på egenhånd basert på nåværende forskning.

Det eksisterer noen retningslinjer for risiko rundt styrketrening med hensyn til hypertensjon. Ifølge American Heart Association (24) er et forhøyet blodtrykk på $>250/115$ mmHg en relativ indikasjon på å terminere pågående trening eller fysisk test, i tillegg anbefales det at individer med høy risiko for hjerte-karsykdom gjennomgår en overvåket treningsindusert stress-test før oppstart av hypertrofitrening og MST. Flere inkluderte studier oppga høyeste målte blodtrykk blant subjektene under MST. Vale et al. (11) målte $140\pm 17/78\pm 8$ mmHg under en 6RM protokoll, men manuell oscillometrisk metode ble benyttet og har vist seg å underestimere blodtrykksverdier under trening, sammenlignet med invasiv intra-arteriell måling utført av de Souza Nery et al. (10). Sistnevnte studie målte høyeste blodtrykk på $238\pm 12/140\pm 8$ mmHg ved 40% og 80% av 1RM. Til sammenligning benyttet Gjøvaag et al. (9) validert oscillometrisk metode med fingermåling under 4RM MST blant normotensive, hvilket resulterte i høyeste verdi på $154\pm 18/91\pm 14$ mmHg. Tallene er altså varierende og kan tyde på behov for flere valideringsstudier av målemetoder, samt at det kan være behov for kontinuerlig blodtrykksmonitorering som en nødvendig del av MST-program for overvektige voksne med hypertensjon.

Det er også utarbeidet cut-off verdi for dobbeltprodukt som anses som en god ikke-invasiv markør på myokard overbelastning, der sikkerhetsgrensen er satt på 30 000 for angina pectoris (25). Det var kun ett av inkluderte studier som inkluderte dobbeltprodukt som utfallsvariabel, men verdiene var ikke i nærheten av øvre grense for kardiovaskulær risiko ($DP=10718\pm 2090$ (11)). Bruk av dobbeltprodukt er derimot ikke optimalt å implementere i praksis for å gi hypertensive tilbakemelding på intensitet og mulig advarsel om forhøyet risiko under trening. For å vurdere om MST kan anbefales for overvektige voksne med hypertensjon bør et mål som er reliabelt og valid, samt brukervennlig utarbeides til å anvendes som kontraindikasjon på MST.

Ytterligere faktorer som bør tas hensyn til under MST intervensjoner for overvektige voksne med hypertensjon, er blant annet inntak av koffein og blodtrykkssenkende medikamenter. For å redusere risiko for akutte hendelser under styrketrening bør hypertensive trolig avstå fra koffein, med bakgrunn i resultater fra Astorino et al. (16) sin studie som viste ytterligere forhøyet ABTR ved koffeininntak blant unge hypertensive voksne. Noe ikke alle gjennomførte studier har tatt hensyn til er bruk av medikamenter blant subjekter med hypertensjon. Flere medikamenter har innvirkning på fysisk prestasjon og kan påvirke om resultatene viser at treningen er trygg og gjennomførbar eller ikke. Et eksempel er betablokkere, som foruten å senke blodtrykket ved hvile, også senker den aktivitetsrelaterte økningen av det systoliske blodtrykket (1).

Totalt sett kan det se ut til at MST ikke overskrider fastsatte grenser for risikofylt ABTR under aktivitet, men det er fortsatt mangelfullt materiale som støtter dette. MST viser lovende resultater om å ha tilsvarende men ikke nødvendigvis større effekt enn LST på senkning av blodtrykk, bedring av kroppskomposisjon, samt triglyserid- og kolesterolnivåer. Dermed er det per dags dato ikke mulig å fastslå om fordelene ved MST utveier mulig forhøyet risiko og kan anbefales fremfor dagens anbefalinger.

4.6 Treningsparametere

Intervensjonene i studiene er veldig varierende utformet når det gjelder varighet på pauser, intensitet (% av 1RM), antall repetisjoner, og type aktivitet eller øvelsesutvalg. Det gjør det vanskelig å sammenligne intervensjonene siden manipulasjon av de nevnte treningsparametrene har påvirkning på ABTR. Som diskutert gir relativ innsats i form av prosent av 1RM, tid under tensjon bestemt av antall repetisjoner, og tid til å stabilisere blodtrykk etter arbeidssett gjennom varighet på pauser, mest sannsynlig økt ABTR. Dermed kan funnet til de Souza Nery et al. (10) som viste at SBP og DBP øker progressivt utover settene, sannsynligvis være forårsaket av for korte pauser mellom settene (45 sek for LST og 90 sek for MST). Under MST bør pauser mellom sett være over 3 minutter (6), noe som absolutt ikke var tilfellet i studien til Miller et al. (15) der subjektene ble oppmuntret til å trene kontinuerlig med minst mulig pause.

En annen utfordring var å finne intervensjoner der det ble utført få nok repetisjoner og med høy nok prosent av 1RM i henhold til definisjonen av MST. Studiene som ble inkludert varierte mellom 6-15 repetisjoner, mens Olympiatoppen har definert MST som styrketrening med 1-5 repetisjoner med en intensitet på 85-100% av 1RM (6). Dette ble vanskelig å sammenligne med inkluderte studier, da fire av syv studier ikke oppgav intensitet i prosent av 1RM. Intervensjonen til Arciero et al. inneholdt 6-12 repetisjoner med energiforbruk på 10MET og dette ble omtalt som høyintensiv styrketrening. Intensiteten er også vagt formulert i studien til Beck et al. (14), der 8-12 repetisjoner ble utført til teknisk utmattelse og er i ytterkant av det man kan betegne som MST. I tillegg ble intensiteten presentert på en annen måte i form av 6-8RM i Croymans et al. (12) og Vale et al. (11) sine studier. På det høyeste var altså intensiteten 80% av 1RM under intervensjonene, dermed blir det vanskelig å tolke ABTR og andre treningsinduserte effekter av MST basert på resultatene i litteraturstudien.

Mengde aktivert muskelmasse har også vist seg å være en betydningsfull faktor i forhold til ABTR. Studien til MacDougall et al. (8) viste at beinpress økte ABTR i større grad enn underarmscurl, som begrunnes med at beinpress krever aktivering av mer muskelmasse enn underarmscurl og sannsynligvis stiller høyere krav til blodgjennomstrømning i aktivert muskulatur. Dermed kan valg av type øvelser og protokoll for gjennomføring ha betydning for ABTR under MST. MacDougalls studie viste likevel svært forhøyet ABTR ved underarmscurl, selv om det var betydelig lavere resultater sammenlignet med beinpress (8). Studien til de Souza Nery et al. (10) av hypertensive har gjennomgående blitt brukt til å diskutere imot MacDougalls funn blant kroppsbyggere, men et problem kan være at de har brukt en mer isolert kne-ekstensjon som øvelse under målinger av ABTR. Derfor kan forskjell i total ABTR utgjøres av ekstrem muskelmasse hos kroppsbyggere, men også aktivering av ulik mengde muskelmasse som følge av øvelsesvalg. Likevel viste Vale et al. (11) høyere dobbeltprodukt under LST sammenlignet med MST og generelt lav ABTR under utførelse av flerleddsøvelsene benkpress, nedtrekk og beinpress. Følgelig kan det argumenteres for at mengde aktivert muskelmasse ikke nødvendigvis er den mest avgjørende faktoren for ABTR.

For å bedre kunne sammenligne og vurdere studier, er det behov for å standardisere MST-intervensjoner for overvektige voksne med hypertensjon. Det bør gjennomføres 1RM tester pre- og post intervensjon, som intensitet i prosent av 1RM under intervensjon baseres på. Øvelser til intervensjoner bør velges med hensyn til at mengde aktivert muskelmasse kan påvirke ABTR, derfor kan det være hensiktsmessig å velge flerleddsøvelser som aktiverer

store muskelgrupper for å kunne måle verdier som er mer representativt for MST. Pauser mellom sett bør forlenges til >3 minutter i henhold til Olympiatoppens definisjon på MST, for å tilrettelegge for mulig redusert evne til å stabilisere blodtrykket blant hypertensive. Intervensjonene kan med fordel vare i ≥ 8 uker for å få undersøke langtidseffekter, men gjerne inkorporere målinger av ABTR under pre- og post-tester for å innhente mer data til grunnlag for risikovurdering.

4.7 Begrensninger og anbefalinger for fremtidig forskning

LST benyttes i denne litteraturstudien som en samlebetegnelse for dagens anbefalinger fra Helsedirektoratet, samt all styrketrening med <80% av 1RM eller >8 repetisjoner. Det vil si at det som ofte defineres som hypertrofitrening (6-15 repetisjoner, 60-85% av 1RM) deles slik at nedre grense faller innunder LST og øvre grense regnes som MST (6). Mye av det som vurderes som LST i litteraturstudien vil dermed kunne være utenfor retningslinjene til dagens anbefalinger for hypertensjon, hvilket må tas høyde for i tolkning av resultatene. Definisjonen som ble brukt på MST under litteraturstudien kan passe bedre innunder kategorien hypertrofitrening. Som nevnt regnes vanligvis MST som styrketrening med intensitet $\geq 85\%$ 1RM (6), men det ble ikke funnet én eneste studie gjort med tilsvarende intensitet. Aller helst burde tidligere definerte intensitetskategorier blitt benyttet til å klassifisere intervensjonene. Derfor er den største begrensningen med litteraturstudien at det ikke eksisterer tilstrekkelig forskning på MST blant overvektige voksne med hypertensjon, følgelig er det ikke sikkert at resultatene reflekterer det som opprinnelig var hensikten å undersøke.

Med bakgrunn i resultatene og tilhørende begrensninger er det behov for flere randomiserte kontrollerte studier med standardiserte intervensjoner der intensiteten er >80% 1RM, utført av ikke-medisinerte overvektige voksne med hypertensjon, med fokus på intra-arteriell måling av ABTR og risikovurdering. Likevel kan intra-arteriell måling være en utfordring å implementere i studier ettersom det er mer krevende å anvende som målemetode i praksis. Samtidig bør det brukes mer tid på å undersøke effekter av MST på kardiovaskulære risikofaktorer over lenger perioder, for å vurdere om fordelene utveier mulig økt risiko sammenlignet med dagens anbefalinger.

5.0 Konklusjon

Hensikten med studien var å vurdere om MST kan anbefales for overvektige voksne med hypertensjon. Innledningsvis var hypotesen lovende resultater for at hypertensive individer kan utføre MST under oppsyn og med tilstrekkelig opplæring innen løfte- og pusteteknikker. Inkluderte studier var svært varierende utformet med tanke på intervensjon og den totale treningsbelastningen. Likevel viser studiene at MST gir lavere ABTR enn LST, samt positiv LBTE, bedring av endotelfunksjon, kroppskomposisjon og triglyserid- og kolesterolnivåer. Mangel på standardisering av intervensjoner gjør det vanskelig å vurdere om fordelene med MST utveier mulig forhøyet risiko og kan anbefales fremfor dagens anbefalinger om LST. Til tross for dette har studien tydeliggjort at MST sannsynligvis kan være gjennomførbart såfremt det utføres under oppsyn, med grundig opplæring av teknikk, tilstrekkelig pausevarighet, unngåelse av koffeininntak og om mulig med kontinuerlig blodtrykksmåling under styrketreningen. Før MST kan anbefales for overvektige voksne med hypertensjon er det behov for flere standardiserte randomiserte kontrollerte studier med intensitet >80% av 1RM.

Litteraturliste

1. Helsedirektoratet. Aktivitetshåndboken. Norway: Fagbokforlaget; 2015. 327–328 p.
2. Lily LS. Pathofysiology of Heart Disease. 6th ed. Philadelphia (USA): Wolters Kluwer; 2016. 310–333 p.
3. New ACC/AHA High Blood Pressure Guidelines Lower Definition of Hypertension [Internet]. American College of Cardiology. [cited 2019 Feb 19]. Available from: <http://www.acc.org/latest-in-cardiology/articles/2017/11/08/11/247%2fmon-5pm-bp-guideline-aha-2017>
4. Fagard RH, Cornelissen VA. Effect of exercise on blood pressure control in hypertensive patients. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil Off J Eur Soc Cardiol Work Groups Epidemiol Prev Card Rehabil Exerc Physiol.* 2007 Feb;14(1):12–7.
5. Cornelissen Veronique A., Smart Neil A. Exercise Training for Blood Pressure: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Am Heart Assoc.* 2013;2(1):e004473.
6. Tønnesen E, Garthe I. Optimal styrketrening og ernæring for muskelvekst. *Olympiatoppen* [Internet]. 2010; Available from: <https://www.olympiatoppen.no/fagavdelinger/ernaring/Fagstoff/media3811.media>
7. Sunde A, Støren Ø, Bjerkaas M, Larsen MH, Hoff J, Helgerud J. Maximal Strength Training Improves Cycling Economy in Competitive Cyclists. *J Strength Cond Res.* 2010 Aug;24(8):2157.
8. MacDougall JD, Tuxen D, Sale DG, Moroz JR, Sutton JR. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 1985 Mar;58(3):785–90.
9. Gjovaag T, Hjelmeland AK, Oygard JB, Vikne H, Mirtaheri P. Acute hemodynamic and cardiovascular responses following resistance exercise to voluntary exhaustion. Effects of different loadings and exercise durations. *J Sports Med Phys Fitness.* 2016 May;56(5):616–23.
10. de Souza Nery S, Gomides RS, da Silva GV, de Moraes Forjaz CL, Mion D, Tinucci T. Intra-Arterial Blood Pressure Response in Hypertensive Subjects during Low- and High-Intensity Resistance Exercise. *Clinics.* 2010 Mar;65(3):271–7.
11. Vale AF, Carneiro JA, Jardim PCV, Jardim TV, Steele J, Fisher JP, et al. Acute effects of different resistance training loads on cardiac autonomic modulation in hypertensive postmenopausal women. *J Transl Med* [Internet]. 2018 Aug 30 [cited 2019 Mar 14];16. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6117915/>
12. Croymans D, Krell S, Oh C, Katiraie M, Lam C, Harris R, et al. Effects of resistance training on central blood pressure in obese young men. *J Hum Hypertens.* 2014 Mar;28(3):157–64.
13. P.J. Arciero, et al. Increased dietary protein and combined high intensity aerobic and resistance exercise improves body fat distribution and cardiovascular risk factors. - PubMed - NCBI [Internet]. [cited 2019 Mar 14]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17136940>
14. Beck DT, Martin JS, Casey DP, Braith RW. Exercise training improves endothelial function in resistance arteries of young prehypertensives. *J Hum Hypertens.* 2014 May;28(5):303–9.
15. Miller MB, Pearcey GEP, Cahill F, McCarthy H, Stratton SBD, Nofall JC, et al. The Effect of a Short-Term High-Intensity Circuit Training Program on Work Capacity, Body Composition, and Blood Profiles in Sedentary Obese Men: A Pilot Study. *BioMed Res Int* [Internet]. 2014 [cited 2019 Mar 14];2014. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3953517/>
16. Astorino TA, Martin BJ, Schachtsiek L, Wong K. Caffeine ingestion and intense resistance training minimize postexercise hypotension in normotensive and prehypertensive men. *Res Sports Med Print.* 2013;21(1):52–65.
17. Narloch JA, Brandstater ME. Influence of breathing technique on arterial blood pressure during heavy weight lifting. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995 May;76(5):457–62.
18. Kelley G, Kelley K. Progressive Resistance Exercise and Resting Blood Pressure : A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials [Internet]. [cited 2019 Mar 28]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/12594531_Progressive_Resistance_Exercise_and_Resting_Blood_Pressure_A_Meta-Analysis_of_Randomized_Controlled_Trials
19. Schjerve IE, Tyldum GA, Tjønnå AE, Stølen T, Loennechen JP, Hansen HEM, et al. Both aerobic endurance and strength training programmes improve cardiovascular health in obese adults. *Clin Sci*

- Lond Engl 1979. 2008 Nov;115(9):283–93.
20. Li Y, Hanssen H, Cordes M, Rossmeissl A, Endes S, Schmidt-Trucksäss A. Aerobic, resistance and combined exercise training on arterial stiffness in normotensive and hypertensive adults: A review. *Eur J Sport Sci*. 2015 Jul 4;15(5):443–57.
 21. Hayashi T, Boyko EJ, Leonetti DL, McNeely MJ, Newell-Morris L, Kahn SE, et al. Visceral adiposity is an independent predictor of incident hypertension in Japanese Americans. *Ann Intern Med*. 2004 Jun 15;140(12):992–1000.
 22. Olson TP, Dengel DR, Leon AS, Schmitz KH. Changes in inflammatory biomarkers following one-year of moderate resistance training in overweight women. *Int J Obes* 2005. 2007 Jun;31(6):996–1003.
 23. Mann S, Beedie C, Jimenez A. Differential Effects of Aerobic Exercise, Resistance Training and Combined Exercise Modalities on Cholesterol and the Lipid Profile: Review, Synthesis and Recommendations. *Sports Med Auckl Nz*. 2014;44(2):211–21.
 24. Fletcher Gerald F., Ades Philip A., Kligfield Paul, Arena Ross, Balady Gary J., Bittner Vera A., et al. Exercise Standards for Testing and Training. *Circulation*. 2013 Aug 20;128(8):873–934.
 25. Powers S, Howley E. Exercise Physiology: theory and application to fitness and performance. 8th ed. New York: McGraw-Hill; 2011.