



LUNDS
UNIVERSITET

Institutionen för hälsovetenskaper
Fysioterapeutprogrammet

Utbildningsprogram
i fysioterapi 180 hp

Examensarbete 15 hp
Våren 2019

Ocklusionsträning - Effekterna av vaskulär restriktion på muskelstyrka och muskeltillväxt, en litteraturstudie

Författare

Felix Månsson,
Ronold Tsang,
Fysioterapeutprogrammet,
Lunds universitet,
fys12fma@student.lu.se
ro8277ts-s@student.lu.se

Handledare

Katarina Steding-Ehrenborg, docent
Biträdande universitetslektor
Lunds universitet,
Katarina.steding_ehrenborg@med.lu.se

Examinator

Anna Maria Drake, docent
Lunds universitet,
Health Science Center,
Baravägen 3, 222 40 Lund
Anna_maria.drake@med.lu.se

Ocklusionsträning - Effekterna av vaskulär restriktion på muskelstyrka och muskeltillväxt, en litteraturstudie

Abstrakt

Bakgrund: Träning med låg intensitet (~20% av 1-RM) tillsammans med ocklusion av blodflödet i extremiteterna tros stimulera både muskulär styrkeökning och muskelhypertrofi genom ökad aktivering av muskelfibrer och genom ackumulering av metaboliter.

Syfte: Med hjälp av en litteraturstudie undersöka skillnader och likheter i effekter och risker mellan ocklusionsträning och vanlig motståndsträning. Även att undersöka applicerbarheten av ocklusionsträning inom rehabilitering.

Metod: Sökningar utfördes i PubMed med specifika inklusions- och exklusionskriterier. Sökningarna gav 139 relevanta träffar. Efter urval med modifierad GRADE återstod 28 studier som sedan användes.

Etik: Det finns inga forskningsetiska frågeställningar för denna uppsats då det är en litteraturstudie.

Resultat: Ocklusionsträning visades ge bättre resultat än lågintensitetsträning i de fall då träningen ej utfördes till utmattning. Resultaten av ocklusionsträning och lågintensitetsträning blev lika när träningen utfördes till utmattning. Högintensitetsträning gav bättre resultat än ocklusionsträning vid mätning av muskelstyrka, men vid mätning av muskeltillväxt gav träningsmetoderna jämförbara resultat. Då ocklusionsträning kombinerades med högintensitetsträning gav det bättre resultat än endast högintensitetsträning hos atleter. Inga risker kunde dokumenteras vid ocklusionsträning. Ocklusionsträning gav vid rehabilitering positiva resultat. Viktigt att notera är att lägre vikter används vid ocklusionsträning än vid högintensiv träning.

Slutsats: Även då ocklusionsträning gav sämre resultat än högintensitetsträning kan det vara ett bra alternativ i de fall då tunga vikter inte kan användas. Ocklusionsträning kan även ses som ett bra komplement till högintensiv träning för atleter.

Nyckelord

Ocklusionsträning, Ocklusion, Styrketräning, Vaskulär restriktion

Occlusion training - The Effects of Vascular Restriction on Muscle Strength and Muscle Growth, a Literature Review

Abstract

Background: Low-intensity training (~20% of 1-RM) combined with blood flow restriction of the extremities is thought to promote both an increase in muscle strength and muscle hypertrophy through increased muscle fiber activation and through the accumulation of metabolites.

Objective: With a literature review compare the effects and risks of occlusion training and regular resistance training. Furthermore, to explore the possibilities of occlusion training being applied within the rehabilitation process.

Methods: A literature search was performed in PubMed with specific inclusion and exclusion criteria. The search gave 139 relevant studies. After selection with a modified GRADE, 28 studies remained that were then used.

Ethics: There are no research ethical issues since this is a systematic review.

Results: Occlusion training gave better results than low-intensity training when the training was not performed to fatigue. The results of occlusion training and low-intensity training became similar when performed to fatigue. High-intensity training showed better results than occlusion training when measuring muscle strength, but when measuring muscle growth the training methods showed comparable results.. Occlusion training combined with high-intensity training showed better results than high-intensity training alone in athletes. No unique risks could be found with occlusion training compared to regular resistance training. Occlusion training used in rehabilitation showed good results. It is important to note that lighter weights are used during occlusion training compared to high-intensity training.

Conclusions: Even though occlusion training showed lower results than high-intensity training, it can still be a good alternative to those who cannot use heavy weights. Occlusion training could also be seen as a good complement to high-intensity training for athletes.

Keywords

Occlusion, Exercise, Resistance Training, Vascular Restriction

Innehållsförteckning

BAKGRUND	1
MÄTNING AV STYRKA	1
STYRKETRÄNING	1
AVBILDNING AV MUSKULATUR	2
METABOL STRESS	3
OCKLUSIONSTRÄNING	3
MUSKELFIBERAKTIVERING	4
MUSKELCELLSVULLNAD	4
PATIENTNYTTA	5
SYFTE	5
FRÅGESTÄLLNINGAR	5
ETIK	6
UNDERSÖKNINGSGRUPP	6
INKLUSIONSKRITERIER	6
EXKLUSIONSKRITERIER	6
METOD	7
RESULTAT	8
STYRKEÖKNING	8
<i>Ocklusionsträning vs lågintensiv träning</i>	8
<i>Ocklusionsträning vs högintensiv träning</i>	10
<i>Ocklusionsträning vs kontrollgrupp</i>	11
MUSKELTILLVÄXT	12
<i>Ocklusionsträning vs lågintensiv träning</i>	12
<i>Ocklusionsträning vs högintensiv träning</i>	12
<i>Ocklusionsträning vs kontrollgrupp</i>	13
RISKER - HEMODYNAMISKA FÖRÄNDRINGAR OCH MUSKELSKADOR	14
OCKLUSIONSTRÄNING VID REHABILITERING	15
DISKUSSION	15
LITTERATURSTUDIENS BEGRÄNSNINGAR	17
SLUTSATS	17
FYSIOTERAPEUTISK BETYDELSE	18
REFERENSER	18
BILAGOR	22

Bakgrund

Ocklusionsträning är en träningsmetod där ett band eller en manschett spänns proximalt runt en eller flera extremiteter för att skapa ett högre lokalt blodtryck i muskulatur vid motståndsträning. Detta kan utföras kontinuerligt under träningspasset eller intermittent mellan set. Med denna träningsmetod kan man eventuellt få liknande effekt av träningen med lägre belastning som vid högintensiv träning. Fördelar med denna träningsmetod kan till exempel finnas för äldre, där förmågan att lyfta tunga vikter kan vara begränsad (1).

Mätning av styrka

Vid mätning av dynamisk styrka används ofta 1-RM (Repetition Maximum) som ett standardiserat mått. 1-RM innebär att försökspersonen lyfter den maximala vikt som kan lyftas endast en gång. Detta resultat används som ett mått av personens styrka. 1-RM tester har visats sig vara reliabla för vuxna människor men kan ibland ge fel värden för minderåriga, äldre och människor med hjärtproblem. För dessa grupper kan man istället för att testa 1-RM göra ett submaximalt test på 7-10 repetitioner, och sedan extrapolera 1-RM värdet utifrån det resultatet (2). Ett annat styrkemått som används är MVC (Maximum Voluntary Contraction), där det mäts hur kraftigt personen frivilligt kan kontrahera en muskel vid ett isometriskt motstånd (3).

Styrketräning

Vanligtvis vid styrketräning använder man sig av progressiv högintensitetsträning där man tränar på 8-12 repetitioner av 1-RM, vilket motsvarar cirka 70-80% av maxstyrka. Vikten eller antalet repetitioner ökas sedan allteftersom individens styrka ökar. Denna styrkeökning mäts i antalet extra repetitioner individen kan göra utöver de 8-12 repetitioner som är målet. Ofta görs en ökning av vikt då individen klarar göra 1-2 extra repetitioner (4). Begreppet träningsvolym avser oftast hur mycket vikt som har lyfts och hur många gånger den har lyfts ($Vikt * Repetitioner * Set$), det vill säga den totala mängd arbete som utförts (5).

Hypertrofi, eller muskeltillväxt, av muskulatur skapas av en mRNA translation som stimulerar en proteinsyntes som påbörjas av en ökad tillgänglighet av delvis aminosyror och delvis av motståndsträning. För maximal effekt av mRNA translationen krävs en insulininducerad signal

eller Insulin-Like Growth Factor (IGF-I) (6). Utsöndringen av IGF-I ökar vid motståndsträning (7).

Genom motståndsträning kan man till viss del ändra vilken komposition av muskelfibrer en muskel har. Studier har visat att genom motståndsträning kan mängden typ IIA fibrer ökas på en bekostnad av typ IIX fibrer, medan mängden typ I fibrer mer eller mindre bevaras. På samma sätt minskar mängden typ IIA och typ IIX, medan mängden typ I kvarstår, om mängden motståndsträning minskar eller försvinner (8, 9). Denna förändring i fibertyp verkar ske genom en aktivering av gener i muskeln som reglerar muskelfibrerna. Det är dock fortfarande oklart exakt hur processen sker och vilka andra potentiella mekanismer som är involverade (10). Studier har visat att Typ II fibrer har en större tvärsnittsarea än typ I muskelfibrer (11).

Vid lättare motstånd aktiveras typ I muskelfibrer (långsamma muskelfibrer). Denna typ av muskelfibrer behöver mycket syre för att arbeta. När motståndet ökar och syret minskar i muskeln aktiveras typ II muskelfibrer (snabba muskelfibrer) istället. I de fallen används den anaeroba glykolysen som det dominanta energisystemet. Typ II muskelfibrer kan arbeta utan syre men istället skapar det slaggprodukter (metaboliter), som till exempel laktat (11).

Styrketräning har visats öka styrka på grund av förändringar och rekonstruktion i muskulaturen, samt på grund av förändringar av neurala funktioner. Denna förändring av neurala funktioner har påvisats med hjälp av intramuskulär EMG (Elektromyografi) där ökad aktivering av motorneuron kunnat ses. Extramuskulär EMG har i vissa fall visat samma resultat (12), men på grund av större extern störning i mätningen, till exempel från närliggande muskulatur (13), är noggrannheten i en extern mätning inte lika stor som i en intern mätning av muskelns aktivitet (12). Mätning med externa elektroder har också svårt att mäta aktivitet i djup muskulatur (13). Ökning av EMG aktivitet kan ses så tidigt som under de första tre veckorna av träning. Efter denna tre veckors period kan en ökning av muskelstorlek och tvärsnittsarea av muskeln börja ses (14).

Avbildning av muskulatur

En korrekt tvärsnittsavbildning av muskelns tvärsnittsarea (cross-sectional area eller CSA) på en muskel är ytterst viktigt för att kunna studera effekten av olika träningsinterventioner eller för att

se förändringar i muskeln över tid. Magnetisk resonanstomografi (MR) kan användas för att studera tvärsnittsavbildningen, men undersökningen är dyr och tidskonsumerande. Däremot är den stora fördelen med MR att det är en beprövad och tillförlitlig mätmetod (15). Utöver MR finns det B-mode ultraljudsavbildning (US) och den senare teknologin "panoramic ultrasonography" (PUS). Studier på mätning av tvärsnittsavbildning gjord med PUS på den ytliga muskeln, vastus lateralis gav lika bra precision som med MR(15, 16). Fördelen med PUS är att undersökningstiden är kortare jämfört med MR och utrustningen för PUS är mer lättillgänglig (16).

Ocklusionsträning

Ocklusionsträning (BFR-RT eller Kaatsu training) är en träningsform där man begränsar blod- och syretillförsel till en muskel, vanligtvis biceps eller quadriceps, med syfte att simulera hög intensitet för muskeln vid lägre belastning samtidigt som man minskar belastning på leder och andra strukturer. Med denna begränsade blod- och syretillförsel gör man sedan ett stort antal repetitioner vid låg intensitet, motsvarande 20-50% av 1-RM (1).

Vid ocklusionsträning skapas en syrebrist i muskeln vilket leder till att typ II muskelfibrer aktiveras tidigare i träningsfasen. Som tidigare nämnt har typ II muskelfibrer större tvärsnittsarea än typ I. I teorin leder detta till en större mätbar muskeltillväxt då mängden typ IIA fibrer ökar (11).

Det har föreslagits att ocklusionsträning kan ge en högre utsöndring av Growth Hormone (GH) än träning vid högre intensitet utan ocklusion. Det finns därför en möjlighet att ocklusionsträning kan ha en potentiellt högre effekt än motståndsträning på muskeltillväxt. Den ökade utsöndringen av GH kommer från metabola biprodukter som produceras vid ocklusionsträning, såsom blodlaktat, plasma-laktat och laktat från muskelceller. Denna ackumulering av laktat på grund av begränsningen i blodflödet skapar en ökad produktion av GH och noradrenalin (11).

Metabol stress

Metabol stress på muskulatur sker då mängden metaboliter, det vill säga laktat, men även kalcium och andra elektrolyter, bildas i muskeln på grund av att syretillförseln till muskulaturen minskar vid motståndsträning. En ökning av metaboliter har även kunnat ses vid träning både vid hypoxisk

miljö och vid träning med vaskulär restriktion där man avsiktligt begränsar syretillförseln till muskulaturen. Det finns ett flertal teorier avseende mekanismer som kan tänkas ge upphov till hypertrofi vid vaskulär restriktion, bland annat ökad fiber rekrytering, ökad hormonproduktion, förändring i lokala myokiner och cellsvullnad (17).

Muskelfiberaktivering

Studier har visat genom bland annat EMG-mätningar på muskler som biceps brachii, triceps brachii, rectus femoris och vastus medialis att ocklusionsträning ger en högre muskelrekrytering än endast lågintensiv träning (18-20). Då en högre muskelaktivering gynnar muskelhypertrofi (20) kan detta vara en faktor till varför ocklusionsträning skulle vara tilltalande för personer som inte klarar av att träna med tyngre vikter.

Muskelcellsvullnad

När en muskel kontraherar skapar det en muskelspänning. Muskelspänningen gör så att muskeln behöver mer näring. För att möta muskelns ökade näringsbehov ökar kroppen blodtillförseln till muskeln. Då ocklusionsträning begränsar det venösa återflödet, stannar blodet kvar i den aktiva muskeln under en längre period. Under perioden som slaggprodukter i blodet inte kan borttransporteras effektivt ökar den metabola stressen i muskelvävnaden. Med den ökade koncentrationen av blodplasma i det interstitiella rummet i cellerna kring de arbetande musklerna ökar det extracellulära trycket. Slutgiltigt leder det ökade trycket till att blodet strömmar in i muskelcellerna och på så vis skapar en svällande effekt i muskeln. För personer som styrketränar känner man av denna effekten som "pump". Då cellernas membran expanderar på grund av det ökade trycket uppfattar kroppen det som hotande. I respons till hotet skickas en signal till cellstrukturen och cellstrukturen förstärks. Denna signal aktiverar en anabol process som ökar stimulering av proteinsyntes. Det ökade blodflödet gör också så att aminosyra-transportsystemet blir effektivare på att transportera aminosyror till cellerna och är gynnsamt för muskeltillväxt. Typ II muskelfibrer är känsliga för osmotiska förändringar, och den ökade laktatackumuleringen ger en större stimulering av typ II muskelfibrer som är mest mottagliga för hypertrofi. Därav med alla faktorer inräknade bildar den ökade muskelcellsvullnaden en hypertrofi, åtminstone i teorin (21).

Patientnytta

Vid rehabilitering av patienter finns situationer då de saknar kapacitet till att kunna träna tillräckligt intensivt för att uppnå positiva träningseffekter, exempelvis i form av ökad muskelstyrka. I de fall skulle ocklusionsträning i kombination med låga vikter eventuellt kunna vara lösningen på problemet (22).

Sammanfattningsvis gör anaerob träning med vaskulär ocklusion så att typ II muskelfibrer aktiveras i ett tidigare skede, på grund av restriktioner i blodflödet (11). Metaboliterna som ackumuleras i de aktiva musklerna aktiverar en rad anabola processer. Den förhöjda metabola stressen, muskelfiberrekryteringen, hormonproduktionen, cellsvullnaden och förändringar i lokala myokiner ger upphov till ökad muskelhypertrofi och muskelstyrka (6, 7, 11, 17, 20, 21). Den låga intensiteten vid ocklusionsträning utsätter samtidigt leder i extremiteterna för mindre stress än vad motståndsträning vanligtvis gör (11). Det är därför möjligt att ocklusionsträning kan vara ett verktyg för snabbare återhämtning vid rehabilitering eller för att möjliggöra styrketräning som behandling för de patienter som inte tolererar vanlig styrketräning. Det är också möjligt att ocklusionsträning i kombination med högintensiv träning ger en mer märkbar träningseffekt än enbart motståndsträning.

Syfte

Syftet med uppsatsen var att undersöka evidensen för ocklusionsträning som alternativ eller komplement till vanlig motståndsträning för att öka muskeltillväxt och muskelstyrka samt för att se om detta kan uppnås vid lika eller mindre risk för negativa bi-effekter. Vidare var syftet att studera evidensen för effekten av ocklusionsträning vid rehabilitering. Till sist, om det finns stöd för ocklusionsträning inom rehabilitering, i så fall för vilka patientgrupper.

Frågeställningar

- Finns det fördelar eller nackdelar med att använda ocklusionsträning som ett komplement eller ersättning till motståndsträning i syfte att öka styrka och muskelmassa?
- Finns det potentiella risker med att använda ocklusionsträning som inte finns vid motståndsträning?

-Finns det fördelar med att använda ocklusionsträning vid rehabilitering utöver redan existerande behandlingar i syfte att öka styrka och muskelmassa?

Etik

Då arbetet är en litteraturstudie finns inga forskningsetiska frågeställningar för denna uppsats. Däremot kan det finnas vissa aspekter som kan vara värda att ha i åtanke och reflektera över. Exempelvis vid ocklusionsträning uppstår ett tryck över extremiteten. Detta kan potentiellt ge obehag i de aktiva musklerna. Därför är det viktigt att inför träning informera om att uppkomst av smärta kan förekomma. Då smärta är väldigt subjektivt, blir det upp till var individ att yttra sig vid för smärtsamma upplevelser av träningsformen. Då ocklusionsträning, precis som högintensiv träning, påfrestar hjärta, kärl, blodtryck och puls kan det vara oetiskt att utsätta individer med hjärtsjukdomar för potentiell fara. Speciellt med ocklusionsträning, då forskningen kring effekterna av ocklusionsträning och fysiologin för närvarande är begränsad. Däremot verkar det i nuläget inte finnas några kontraindikationer för friska personer att utöva ocklusionsträning.

Undersökningsgrupp

Inklusionskriterier

Människor.

Ålder 19+.

Studier gjorda på individer som tränar.

Studier gjorda på individer som inte tränar.

Studier gjorda på individer under pågående rehabilitering.

Studierna skall vara originalstudier och av typen Randomized Control Trial, Clinical Trial eller Cohort study.

Studierna skall vara skrivna mellan 2008 och 19/9/2018.

Inkludera styrka och muskeltillväxt

Studierna skall vara skrivna på engelska.

Tillgängliga i fulltext för Lunds universitet.

Exklusionskriterier

Djurstudier.

Ej hypoxisk miljö

Studier som innehåller subjektiva mätningar, smärta och perceptuell upplevelse.

Metod

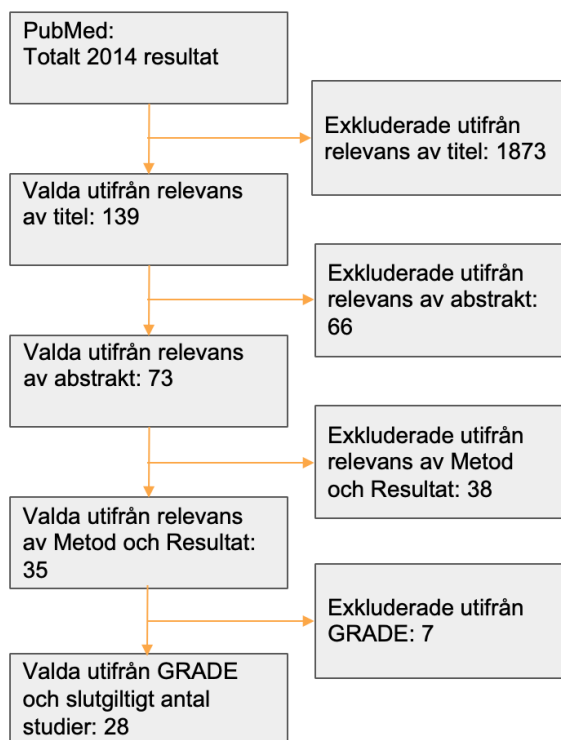
Artikelsökning genomfördes i databasen PubMed. Med hjälp av utvalda sökord identifierades vetenskapliga artiklar. Dessa utvärderades avseende kvalitet med hjälp av GRADE (se Bilaga 1). Studierna har granskats med en modifierad GRADE, avseende selektionsbias, behandlingsbias, bedömningsbias och bortfallsbias (se Bilaga 2). En modifierad version av GRADE användes på grund av att sökningen även omfattade cohort-studier. Därför togs en del frågor bort från GRADE som inte var relevanta. De artiklar som mötte inklusionskriterierna användes sedan som underlag för litteraturöversikten. Sökningen av studier för denna systematiska litteraturstudie begränsades av ett antal filter.

De exakta sökorden som användes för denna systematiska litteraturstudie var: Occlusion Training OR Occlusion Exercise, Vascular Occlusion Training OR Vascular Occlusion Exercise, Restricted Vascular Training OR Restricted Vascular Exercise, Blood Flow Restriction Training OR Blood Flow Restriction Exercise och Kaatsu Training.

Fem sökningar gjordes med olika kombinationer av sökorden nämnda ovan. Sökningar gjordes den 19/9/2018. Under dessa sökningar blev det endast två dubletter. Sökordet (NOT Dental) användes vid varje sökning för att undvika de resultat relaterat till tandtytor. Filter utefter inklusionskriterier användes vid varje sökning. De titlar som vid varje sökning var relevanta för frågeställningarna valdes. Efter urvalet gjorts utefter titel lästes abstrakten för de valda studierna och ännu ett urval gjordes. Efter det andra urvalet gjordes ett tredje urval utefter metod och resultat av studierna. Det sista som gjordes i val av studier var att granska alla hittills valda studier med en modifierad version av GRADE där de studier med hög bias exkluderades (Bilaga 2). Figur 1 sammanfattar urvalet av studier.

Resultat

Totalt inkluderades 28 studier i resultatet (Figur 1). Efter artikelgranskningen enligt modifierad GRADE fick 27 studier en låg risk för bias och en studie fick en medel risk för bias. De sju studier som exkluderats efter artikelgranskningen hade hög risk för bias.



Figur 1: Flödesschema för urval av studier.

Styrkeökning

Studier av ocklusionsträningens effekter på styrkeökning har genomförts med ocklusionsgrupp (23), i jämförelse med kontrollgrupp som inte tränade (24-26), med lågintensiv (24, 25, 27-31) och högintensiv träning (30, 32-38). Det finns även studier som har studerat effekter av ocklusionsträning i kombination med låg- eller högintensiv träning (33, 38, 39).

Ocklusionsträning vs lågintensiv träning

Ocklusionsträning visades ge en större styrkeökning i MVC på $13,3 \pm 6,8\%$ och en ökning i antal repetitioner på $87,7 \pm 28,9\%$ hos kvinnliga atleter i knäextension jämfört med en kontrollgrupp som endast tränade med låg intensitet. Ökningen i MVC för kontrollgruppen var $0,8 \pm 13,4\%$ och ökningen i antal repetitioner var $62,3 \pm 14,6\%$ (27). Samma trend har Patterson S et al. (29) kunnat

visa i en studie på otränade kvinnor där resultaten visade att ocklusionsträning i kombination med låg intensitet gav en ökad MVC med $13 \pm 12\%$ gentemot lågintensitetsträning där ökningen var $4 \pm 8\%$. I samma studie visades att ocklusionsträning gav en $30 \pm 11\%$ 1-RM ökning för vadmusklerna och lågintensitetsträning som gav $23 \pm 12\%$ ökning. Vid högre intensitet då intensiteten ökades från 25% av 1-RM till 50% av 1-RM, fanns ingen skillnad i resultaten mellan grupperna. Alla grupper fick en ökning i styrka gentemot baseline. Förbättrade resultat vid ocklusionsträning kunde även ses vid vattenträning hos äldre kvinnor efter klimakteriet. Gruppen som utförde ocklusionsträning i vattnet fick en signifikant ökning i 1-RM styrka i knäextension med 2,4 kg gentemot kontrollgruppen som inte tränade. Gruppen som utförde träning i vattnet utan ocklusion fick en ökning med 1,2 kg i 1-RM, gentemot den icke tränande kontrollgruppens 1-RM som fick en minskning på -2,8 kg (24). Liknande resultat i jämförelse av ocklusionsträning och lågintensiv träning visade May A et al. (28) i en studie där ocklusionsträning gav nästan en dubbelt så stor styrkeökning i 1-RM angående knäextension gentemot kontrollgrupp som endast utförde lågintensitetsträning. Ocklusionsgruppens styrkeökning i knäextension efter 8 veckor var $16,3 \pm 1,3$ kg i 1-RM. För knäflexion ökade det med $10,1 \pm 1,5$ kg i 1-RM. För kontrollgruppen ökade styrkan efter 8 veckor i knäextension med $8,3 \pm 1,6$ kg i 1-RM och knäflexion ökade med $8,5 \pm 1,3$ kg i 1-RM. Liknande resultat kunde ses hos äldre för bilateral bicepscurl, där de fick en ökning på 7,8% i MVC, och för triceps pushdown där de fick en ökning på 16,1% i MVC. Denna ökning sågs endast i ocklusionsgruppen och ingen signifikant ökning sågs för kontrollgruppen som tränade lågintensivt utan ocklusion (31).

Det finns även en studie som visar att lågintensitetsträning i vissa fall är lika effektivt som ocklusionsträning. Barcelos L et al. (25) visade att ocklusionsträning gav liknande resultat i quadriceps som lågintensitetsträning då träningen utfördes till utmattning. Resultaten för 1-RM för de som tränade till utmattning med ocklusion var en ökning på 21,6% och för de som tränade utan ocklusion såg en ökning på 24,7 % i 1-RM. De som inte tränade till utmattning med ocklusion fick en ökning på 26,6% och gruppen utan ocklusion fick en ökning på 18,5%. Alltså alla grupper, både ocklusions- och lågintensitetsgrupperna, hade signifikant ökning i 1-RM gentemot kontrollgruppen som inte tränade.

Ocklusionsträning vs högintensiv träning

Flera studier har visat att ocklusionsträning kan vara ett bra alternativ till högintensitetsträning avseende styrkeökning hos yngre. Vid knäextension sågs en ökning i styrka där Clark BC et al. (32) visade en ökning på 8% i statisk styrkeökning för ocklusionsträning jämfört med 13% ökning i statisk styrka för högintensitetsträning. Vid jämförelse i armbågsflexorer i en studie av Kim D et al. (36) ökade ocklusionsgruppen med ca 2,4 kg i 1-RM och högintensitetsgruppen med ca 3,8 kg. Kontrollgruppen hade ingen signifikant ökning. Liknande styrkeökning har även kunnat ses i bänkpress då en jämförelse mellan högintensiv träning och ocklusionsträning visade en ökning av 1-RM i bänkpress på 19,9% för högintensitetsgruppen och en ökning på 8,7% för ocklusionsgruppen (38). I samtliga studier har viktbelastningen vid ocklusionsträning varit betydligt lägre och deltagarna har trots detta förbättrats i styrka.

Denna trend av ökning av styrka i 1-RM har även visats hos äldre i övningarna latissimus pulldown (15,9% vs 13,2%), bicepscurl (19,3 vs 22,9%) och benpress (19,3% vs 20,4%) för ocklusionsgruppen jämfört med högintensitetsgruppen (35). Styrkeökning har även kunnat ses hos otränade unga kvinnor, där benen på deltagarna tilldelades antingen ocklusion eller högintensiv träning. I knäextension ökade ocklusionsgruppen med $10 \pm 7\%$ i 1-RM och högintensitetsgruppen ökade med $12 \pm 6\%$ i 1-RM (34). Liknande resultat kunde ses hos äldre kvinnor som tränade med elastiska band, i en studie av Thiebaud R et al. (30), där ocklusionsgruppen fick en styrkeökning i 1-RM för axelpress på 1,4 kg, bröstpress 3,7 kg och för sittande rodd 2,2 kg. Ingen skillnad kunde ses gentemot högintensiv träning, trots att ocklusionsträningen skett på lägre belastning.

Ocklusionsträning som ett komplement till högintensitetsträning har visats vara en effektiv träningsmetod för bänkpress där sågs en ökning på 7% i 1-RM, och för benböj sågs en 8% ökning i 1-RM. Detta kan jämföras med enbart högintensitetsträning som gav en ökning på 3,2% i 1-RM för bänkpress och 4,9% ökning i 1-RM för benböj (39). I motsats visade dock Yasuda T et al. (38) att ocklusionsträning kombinerat med högintensitetsträning gav något sämre styrkeökning i 1-RM för bänkpress, 15,3% i 1-RM, än enbart högintensitetsträning, 19,9% i 1-RM. Samma studie visade även att ocklusionsträning kombinerat med högintensitetsträning är bättre för att öka styrkan än endast ocklusionsträning som gav en ökning på 8,7% i 1-RM.

En del studier har även visat att högtintensiv träning gett bättre resultat i styrka i viss muskulatur än ocklusionsträning hos yngre. Lixandrão ME et al. (37) visade en större ökning av muskelstyrka i quadriceps med högtintensitetsträning med 21,6 % ökning i 1-RM jämfört med dem som tränade med ocklusion som sammanlagt ökade med 12,1 % i 1-RM. Karabulut M et al. (35) visade även att högtintensitetsträning gav större resultat i knäextension, 31,2% ökning av 1-RM, än vid ocklusionsträning hos äldre, som hade en ökning på 19,1% av 1-RM.

Vid aerob träning på cykel har ocklusionsträning visat goda effekter. De Oliveira et al. (33) visade i en studie med aerob träning på cykel att ocklusionsträning gav en större styrkeökning i benen för MVC ($11,4 \pm 7,3\%$) än både högtintensitetsträning ($-0,7 \pm 9,9\%$) och högtintensitetsträning i kombination med ocklusionsträning ($-3,5 \pm 6,8\%$). Ocklusionsträning gav i detta fall en större styrkeökning i MVC än högtintensitetsträning trots att träningsvolymen, i kJ, enbart motsvarade ungefär en tredjedel av volymen för högtintensitetsträning (1300 kJ vs 4424 kJ). Vid gångträning har man kunnat se en ökning i styrka hos aktiva äldre. De äldre deltagare som utförde gångträning med ocklusion fick en ökad isometrisk styrka i benmuskulatur på 11,8% jämfört med en kontrollgrupp, som visade en minskning på 2,2%, som inte tränade (40).

Ocklusionsträning vs kontrollgrupp

En studie på unilateral avlastning av nedre extremiteterna visade att ocklusionsgruppen hade en mindre förlust av MVC i knäextensorerna än kontrollgruppen som inte tränade under avlastningen, där förlusten var 2,0% respektive 15,6%. Både ocklusionsgruppen och kontrollgruppen uppmättes ha signifikanta minskningar av MVC i plantarflexorerna, där minskningen var 26,7% respektive 20,7%. Det kunde även ses en minskning i 1-RM i knäextensorerna hos kontrollgruppen på 21%, medan ocklusionsgruppen hade nästintill ingen förlust av styrka, endast 1,5%. Efter studien sågs även att kontrollgruppen minskat i antal repetitioner i knäflexion och plantarflexion med 24%, medan ocklusionsgruppen hade ökat i antal repetitioner med 28% (26).

Ocklusionsträning har visat sig vara effektivt i att öka styrka för plantarflexorer. I en studie av Takada S et al. (23) där otränade, unga deltagare utförde unilateral plantar flexion kunde en signifikant ökning ses i 1-RM styrka per kvadratcentimeter tvärsnittsarea, efter 4 veckors träning, där ökningen var $8,3 \pm 1,4\%$. Dock hade de ingen jämförelsegrupp.

Muskeltillväxt

Studier har genomförts på ocklusionsträning i syfte av att se effekterna på muskeltillväxt i jämförelse med kontrollgrupp som inte tränade (26, 40, 41), lågintensiv (27, 31, 42) och högintensiv träning (34, 36, 37, 43). Studier har även genomförts i syfte av att se effekterna på muskeltillväxt vid ocklusionsträning i kombination med högintensiv träning (38, 39).

Ocklusionsträning vs lågintensiv träning

Hos kvinnliga atleter har ocklusionsträning visats ge goda resultat på CSA. Manimmanakorn A et al. (27) visade större ökning i CSA av quadriceps vid ocklusionsträning hos kvinnliga atleter jämfört med en kontrollgrupp som tränade med samma träningsprotokoll utan ocklusion. Ocklusionsgruppen ökade i CSA med $6,6 \pm 4,5\%$ och kontrollgruppen ökade med $2,9 \pm 2,7\%$. Vid träning till frivillig utmattning kunde Farup J et al. (42) se en ökning i CSA i armbågsflexorerna hos unga, friska, nätbollsspelare vid både ocklusionsträning och lågintensiv träning. Ökningen var 11,5% för ocklusionsgruppen och 11,6% för lågintensitetsgruppen. Däremot var träningsvolymen tre gånger mindre för ocklusionsgruppen än för den lågintensiva gruppen. Hos äldre kunde Yasuda T. et al. (31) se en ökning i CSA i armbågsflexorer och armbågssextensorer på 17,6% respektive 17,4% efter träning med elastiska band. Ingen signifikant ökning kunde ses hos kontrollgruppen som utförde lågintensitetsträning.

Ocklusionsträning vs högintensiv träning

Liknande ökning i CSA har kunnat ses vid ocklusionsträning som högintensiv träning hos otränade kvinnor. Ellefsen S et al. (34) jämförde otränade kvinnor som tränade med ocklusionsträning i ena benet och med högintensitetsträning i andra benet. De olika träningsmetoderna utfördes under olika dagar, i syfte att minska crossover effekten. Båda träningsformerna visade en liknande ökning av CSA på quadriceps. Ökningen i CSA var $6 \pm 4\%$ för ocklusionsträning och $7 \pm 8\%$ för den högintensiva träningen. På låret där ocklusionsbandet varit lokaliserat visade studien dock en mindre ökning i CSA jämfört med högintensitets-benet. En ökning i CSA för armbågsflexorer visades också hos män där en ökning på $0,3 \pm 0,1$ cm kunde ses efter åtta veckor för både högintensitetsgruppen och ocklusionsgruppen (36). Lowery R et al. (43) utförde en studie på åtta veckor med deltagare som hade minst ett års erfarenhet av motståndsträning. Deltagarna delades in i högintensitetsträning eller ocklusionsträning. Efter fyra veckor bytte deltagare

träningsprogram med varandra. De första fyra veckorna ökade gruppen som började med ocklusionsträning och gruppen som började med högintensitetsträning bicepsomfång med 6,9% och 8,6% respektive. Från vecka fyra till vecka åtta ökade gruppen som började med ocklusionsträning med 4,1% och gruppen som började med högintensitetsträning ökade med 4,0%. Även Lixandrão ME et al. (37) såg en liknande ökning i muskelomkrets hos unga män i ocklusionsgrupperna och högintensitetsgruppen. Ocklusionsgrupperna utförde träningen på 20% av 1-RM med ett ocklusionstryck på 40% av det systoliska blodtrycket, på 20% av 1-RM och ett ocklusionstryck på 80% av det systoliska blodtrycket, samt på 40% av 1-RM med samma variation i tryck. Ocklusionsgrupperna, 20/40, 20/80, 40/40 och 40/80 fick en ökning av CSA i quadriceps med 0,78%, 3,22%, 4,45% och 5,30% respektive. Gruppen som utförde högintensiv träning ökade med 5,90% i CSA i quadriceps.

Ocklusionsträning i kombination med högintensiv träning har visats ge god effekt på muskeltillväxt. Yamanaka T et al. (39) visade ökad muskeltillväxt vid ocklusionsträning kombinerat med högintensitetsträning. Träningen gav en ökning i omkrets av bröstet, överarm, underarm och lår. Den enda ökningen som var signifikant mycket högre gentemot kontrollgruppen som endast utförde högintensiv träning var ökningen av omkrets i bröstmuskulaturen, där ökade ocklusionsgruppen med 3,7 cm och kontrollgruppen med 1,0 cm. I övrigt sågs en liknande ökning i båda grupperna. I en annan studie kunde en ökning i CSA även ses för både högintensitetsträning och ocklusionsträning kombinerat med högintensitetsträning i triceps brachii (8,6% vs 7,2% i cm respektive) och pectoralis major (17,6% vs 10,5% i cm respektive) för unga män (38).

Ocklusionsträning vs kontrollgrupp

Ocklusionsträning av nedre extremiteterna i form av knäextension hos äldre visade en ökning av CSA i quadriceps med 8%, adduktorer 6,5% och gluteus maximus 4,4%, hos ocklusionsgruppen gentemot en kontrollgrupp som inte tränade. Varken ocklusionsgruppen eller kontrollgruppen såg en ökning av CSA i hamstring i denna studie (41). Samma trend kunde ses hos aktiva äldre som utfört gångträning med ocklusion där man kunde se en ökning i CSA för både lårmuskulatur; 5,8%, och vadmuskulatur; 5,1%, jämfört med en kontrollgrupp som inte tränade (40).

Vid unilateral avlastning av nedre extremiteterna, kunde man se att träningsgruppen som utförde ocklusionsträning inte hade lika stor minskning i CSA för knäextensorerna (1,2%) jämfört med kontrollgruppen (7,4%) som inte tränade. Båda grupperna hade ungefär 7,4% förlust av CSA i plantarflexorerna (26).

Risker - Hemodynamiska förändringar och muskelskador

Studier har genomförts i syfte av att se potentiella hemodynamiska risker (32, 44, 45) och potentiell risk för muskelskada (45-47). Ingen av studierna har kunnat visa att det finns ökad hemodynamisk eller muskulär risk vid ocklusionsträning.

I en studie av Clark BC et al. (32) sågs ingen förändring i inflammationsmarkörer eller i nervledningsförmåga efter bilateral knäextension, varken för ocklusionsträning eller högintensitetsträning. Wilson J et al. (45) visade samma resultat när det gällde inflammationsmarkörer efter ocklusionsträning av benpress jämfört med en kontrollgrupp som utförde samma träning utan ocklusion.

Det uppstår inte en större mängd muskelskada vid ocklusionsträning än vid högintensiv träning. Nielsen J et al. (47) jämförde en grupp som utförde lågintensiv ocklusionsträning med en grupp som tränade med högintensiv träning. Mätningarna som gjordes visade att ocklusionsträning inte framkallar mer muskelskador i knäextensorerna än vad högintensiv träning utgör. Neto G et al. (46) kom fram till samma slutsats angående muskulatur i överkroppen. Samma trend kunde ses vid benpress med och utan ocklusion för lågintensiv träning (45).

Ocklusionsträning har liknande effekt på blodtryck som högintensiv träning. Detta visade Brandner C et al. (44) i en studie på unga friska män där den hemodynamiska responsen, det vill säga systoliskt och diastoliskt blodtryck och puls, ökade ungefär lika mycket vid högintensitetsträning och intermittent ocklusionsträning. Effekterna av lågintensitetsträning ökade blodtryck och puls minst och kontinuerlig ocklusionsträning låg mellan intermittent ocklusionsträning och lågintensitetsträning. Slagvolym ökade signifikant mycket mer vid högintensitetsträning än vid de andra träningssätten.

Ocklusionsträning vid rehabilitering

Ett fåtal studier har undersökt ocklusionsträningens effekter på patienter. Mattar M et al. (48) studerade äldre personer med polymyosit och dermatomyosit. De tränade benpress och knäextension i tolv veckor med ocklusionsträning i kombination med lågintensitetsträning. Detta för att patienterna inte klarade av att träna högintensivt. Patienterna fick en ökad muskelstyrka i 1-RM för benpress på 19,6% och 25,2% för knäextension. Muskelmassan i quadriceps ökade med 4,57% och Timed up and Go test och livskvalité förbättrades. En studie av Bryk F et al. (49) studerade kvinnor med osteoartrit och knäsmärta där de utförde antingen ocklusionsträning eller högintensitetsträning för nedre extremiteten. Resultaten visade en styrkeökning av 1-RM på $16,8 \pm 10,3$ kg för ocklusionsgruppen, medan det i högintensitetsgruppen sågs en ökning på $9,4 \pm 8,3$ kg. Studien visade också via formulär en smärtminskning i knäet för båda grupperna efter interventionen. Viktigt att notera är att patientgruppen som tränade med ocklusion hade en mindre smärtupplevelse under själva träningsfasen, gentemot högintensitetsgruppen.

Diskussion

Sammanfattningsvis visar studier att ocklusionsträning ger positiv effekt på både styrka och muskeltillväxt, men oftast inte lika god effekt som högintensitetsträning när det gäller styrka, vid mätning av muskeltillväxt ger ocklusionsträning lika resultat som högintensitetsträning. Det kan dock finnas individuella skillnader i resultaten bland deltagarna (1, 30, 32-35, 37, 38, 50). Ocklusionsträning kan även vara en effektiv träningsmetod avseende både styrkeökning och muskeltillväxt när det används som ett komplement till högintensiv styrketräning (38, 39, 51) men självständigt ger ocklusionsträning jämförbara eller lägre resultat än högintensitetsträning när det gäller styrka. Vid ocklusionsträning krävs däremot tre gånger mindre träningsvolym för att uppnå liknande resultat som vid högintensiv träning (33).

Ocklusionsträning och lågintensitetsträning har visats ge liknande effekter när träningen utfördes till utmattning, men även här var träningsvolymen för ocklusionsgruppen tre gånger mindre än för den lågintensiva gruppen (42). Att använda sig av ocklusionsträning vid rehabilitering eller träning istället för lågintensiv motståndsträning då strukturer eller leder är sköra och högintensiv träning ej kan användas kan då ge en högre effekt vid lägre träningsvolym, vilket kan påskynda rehabiliteringen.

Den förstärkta effekten på muskelaktivering ocklusionsträning skapar ger också en förstärkt neuromuskulär koppling. Den förstärkta neuromuskulära kopplingen leder till en ökning av muskelstyrka (29, 50). Med en ökad muskelstyrka kan det resultera i en snabbare rehabilitering där en lägre träningsvolym används.

Precis som med vanlig motståndsträning ger ocklusionsträning större effekt hos yngre än hos äldre tränande (52). Men då man kan sänka vikten individen lyfter med bibehållen god effekt skulle ocklusionsträning kunna vara ett bra alternativ till högintensitetsträning för äldre. Genom lägre vikt utsätts leder och strukturer för mindre stress, vilket minskar risken för belastningsskador (53). Detta betyder att äldre kan stärka upp sin muskulatur på ett effektivt sätt, utan att behöva utföra alltför många repetitioner eller lyfta tunga vikter, vilket är ett bra verktyg för fallskadeprevention samt en förbättring i allmän daglig livsföring (54).

Studierna visade att ocklusionsträning med ocklusion av armarna, kunde ge en styrke- och muskelökning av bröstmuskulaturen vid bänkprens. Alltså inte bara en effekt för den extremitet där ocklusionstrycket används. Mekanismen för detta är troligtvis att armarna tröttnas ut snabbare och bröstmuskulaturen aktiveras i en tidigare fas av träningen (39). Eller som May A et al. (28) visade, en större styrkeökning i armarna vid träning av övre extremiteterna, jämfört med kontrollgruppen, då deltagarna endast hade cuffen i proximala delen av låret. Författarna diskuterar då om en eventuell överförbar neuromuskulär adaptation, som kan ske då ocklusion används på extremiteterna man inte tränar.

Trycken som användes vid ocklusionsträningen varierade en del mellan de olika studierna. Detta är en variabel som skulle kunna ge en skillnad i resultaten. Det verkar finnas en relation mellan ocklusionstryck och den vikt som lyfts. Vid en viss intensitet ger det inte längre lika stor effektökning av att öka ocklusionstrycket (37). På grund av detta verkar ocklusionsträning ej vara fördelaktigt att använda vid tyngre vikter.

Enligt de inkluderade studierna har ocklusionsträning i sig inte några risker utöver dem som redan finns vid motståndsträning. De enda skillnaderna som verkar finnas är en liten ökning i puls och

blodtryck vid ocklusionsträning gentemot den ökning i puls och blodtryck som finns vid högintensiv träning. Det finns även en tendens till ett ökat obehag vid ocklusionsträning på grund av det ökade trycket (53). Detta kan i sin tur göra träningsmetoden svår att utföra under längre perioder, eller vid rehab, där viljan att träna kan avta och konsekvent träning är viktigt.

Även om de flesta resultaten verkar visa samma sak, att det kan finnas en användning för ocklusion inom träning, krävs mer forskning på området. Speciellt inom rehabilitering, där resultaten hos vissa patientgrupper visar att ocklusionsträning kan ge god träningseffekt, men mängden forskning är begränsad och fler patientgrupper behövs undersökas.

Litteraturstudiens begränsningar

Då vi fick många träffar (139 st) i PubMed sökte vi endast i en databas. Detta kan ha medfört att vi missat relevanta studier. Det försvann även flera studier på grund av att Lunds universitet ej haft tillgång till fulltexter (11 st) i vissa tidskrifter, vilket drog ner antalet tillgängliga studier. Vi tror dock att vi genom utvalda studier har kunnat täcka in och avspegla rådande evidensläge för ocklusionsträning.

Då vi känner att vi inte har tillräcklig kunskap inom GRADE för att med säkerhet klassificera studierna kan det finnas osäkerhet i bedömningen av studiernas kvalitet.

I träningsstudier är det svårt att veta om träningsprotokoll har följts och om deltagarna haft liknande kost och diet vilket kan påverka resultaten och tillförlitligheten i studien. Ingen av de inkluderade studierna har dock indikerat att dessa faktorer har haft påverkan på resultaten.

Då en del av studierna använde olika ocklusionstryck vid träningen och det inte finns något standardiserat tryck för ocklusionsträning kan det ibland vara svårt att dra parallella jämförelser mellan resultaten.

Slutsats

Ocklusionsträning kan ge goda resultat i både styrkeökning och muskelhypertrofi vid lägre träningsvolym än högintensiv träning, men den stora effekten ses när den kombineras med

högintensiv träning. Kombinationen av högintensiv träning och ocklusionsträning visades gynna idrottare mest. Ocklusionsträning gav bättre resultat på styrka och hypertrofi än lågintensiv träning. Utöver liknande resultat vid lägre intensitet och lägre träningsvolym verkar inga andra fördelar finnas med att använda ocklusionsträning som en ersättning för vanlig motståndsträning. Ocklusionsträning kan dock orsaka mer obehag än vanlig motståndsträning på grund av trycket som sätts över extremiteterna, vilket bör tas hänsyn till. Utöver ökat obehag finns det inga dokumenterade risker vid ocklusionsträning som inte redan finns vid vanlig motståndsträning. Vid rehabilitering finns endast lite forskning på effekterna av ocklusionsträning.

Fysioterapeutisk betydelse

Träning med ocklusion kan ge goda träningseffekter med mindre belastning på leder och strukturer vilket kan vara fördelaktigt både som ett komplement till motståndsträning och vid rehabilitering. Även att ha ett träningsalternativ som potentiellt har mindre belastningsrisker för både muskulatur och leder kan vara fördelaktigt för individer med uttalade svagheter i muskulatur. För äldre och svaga individer skulle detta kunna betyda att utöver fallskadeprevention skulle vardagsaktiviteter främjas på grund av ökad styrka i kroppen.

Referenser

1. Lixandrão M UC, Berton R, Vechin F, Conceição M, Damas F et al. 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* 2018;48(2):361-78.
2. Braith R GJ, Leggett S, Pollock M. Effect of training on the relationship between maximal and submaximal strength. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1993;25(1):132-8.
3. Yasuda T, Fukumura K, Uchida Y, Koshi H, Iida H, Masamune K, et al. Effects of Low-Load, Elastic Band Resistance Training Combined With Blood Flow Restriction on Muscle Size and Arterial Stiffness in Older Adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2015;70(8):950-8.
4. Nicholas A, Ratamess BAA, Tammy K, Evetoch, Terry J, Housh, W. Ben Kibler, William J. Kraemer, et al. . American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(3):687-708.
5. Campos GE, Luecke TJ, Wendeln HK, Toma K, Hagerman FC, Murray TF, et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol.* 2002;88(1-2):50-60.
6. Kimball SR, Farrell PA, Jefferson LS. Invited Review: Role of insulin in translational control of protein synthesis in skeletal muscle by amino acids or exercise. *J Appl Physiol* (1985). 2002;93(3):1168-80.

7. Hawke TJ. Muscle stem cells and exercise training. *Exerc Sport Sci Rev.* 2005;33(2):63-8.
8. Aagaard P AJ, Bennekou M, Larsson B, Olesen J, Crameri R et al. Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2011;21(6):e298-e307.
9. Andersen JL, Aagaard P. Effects of strength training on muscle fiber types and size; consequences for athletes training for high-intensity sport. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20 Suppl 2:32-8.
10. Harridge SD. Plasticity of human skeletal muscle: gene expression to in vivo function. *Exp Physiol.* 2007;92(5):783-97.
11. Loenneke J PT. The Use of Occlusion Training to Produce Muscle Hypertrophy. *Strength and Conditioning Journal.* 2009;31(3):77-84.
12. Aagaard P. Training-induced changes in neural function. *Exerc Sport Sci Rev.* 2003;31(2):61-7.
13. Semciw AI, Neate R, Pizzari T. A comparison of surface and fine wire EMG recordings of gluteus medius during selected maximum isometric voluntary contractions of the hip. *J Electromyogr Kinesiol.* 2014;24(6):835-40.
14. Seynnes OR, de Boer M, Narici MV. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *J Appl Physiol (1985).* 2007;102(1):368-73.
15. Reeves ND, Maganaris CN, Narici MV. Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. *Eur J Appl Physiol.* 2004;91(1):116-8.
16. Ahtiainen J HM, Hulmi J, Pietikäinen M, Mero A, Avela J et al. . Panoramic ultrasonography is a valid method to measure changes in skeletal muscle cross-sectional area. . *European Journal of Applied Physiology* 2009;108(2):273-9.
17. Schoenfeld BJ. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Med.* 2013;43(3):179-94.
18. Fatela P, Reis JF, Mendonca GV, Freitas T, Valamatos MJ, Avela J, et al. Acute Neuromuscular Adaptations in Response to Low-Intensity Blood-Flow Restricted Exercise and High-Intensity Resistance Exercise: Are There Any Differences? *J Strength Cond Res.* 2018;32(4):902-10.
19. Yasuda T, Fukumura K, Fukuda T, Iida H, Imuta H, Sato Y, et al. Effects of low-intensity, elastic band resistance exercise combined with blood flow restriction on muscle activation. *Scand J Med Sci Sports.* 2014;24(1):55-61.
20. Yasuda T, Brechue WF, Fujita T, Shirakawa J, Sato Y, Abe T. Muscle activation during low-intensity muscle contractions with restricted blood flow. *J Sports Sci.* 2009;27(5):479-89.
21. B. S. The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2010;24(10):2857-72.
22. Loenneke JP, Abe T, Wilson JM, Thiebaud RS, Fahs CA, Rossow LM, et al. Blood flow restriction: an evidence based progressive model (Review). *Acta Physiol Hung.* 2012;99(3):235-50.
23. Takada S OK, Suga T, Omokawa M, Kadoguchi T, Sato T et al. . Low-intensity exercise can increase muscle mass and strength proportionally to enhanced metabolic stress under ischemic conditions. *Journal of Applied Physiology* 2012;113(2):199-205.

24. Araujo JP, Neto GR, Loenneke JP, Bembem MG, Laurentino GC, Batista G, et al. The effects of water-based exercise in combination with blood flow restriction on strength and functional capacity in post-menopausal women. *Age (Dordr)*. 2015;37(6):110.
25. Barcelos LC, Nunes PR, de Souza LR, de Oliveira AA, Furlanetto R, Marocolo M, et al. Low-load resistance training promotes muscular adaptation regardless of vascular occlusion, load, or volume. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115(7):1559-68.
26. Cook SB, Brown KA, Deruisseau K, Kanaley JA, Ploutz-Snyder LL. Skeletal muscle adaptations following blood flow-restricted training during 30 days of muscular unloading. *J Appl Physiol (1985)*. 2010;109(2):341-9.
27. Manimmanakorn A, Manimmanakorn N, Taylor R, Draper N, Billaut F, Shearman JP, et al. Effects of resistance training combined with vascular occlusion or hypoxia on neuromuscular function in athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(7):1767-74.
28. May A RA, Warmington S. . Lower body blood flow restriction training may induce remote muscle strength adaptations in an active unrestricted arm. *European Journal of Applied Physiology* 2018;118(3):617-27.
29. Patterson SD, Ferguson RA. Increase in calf post-occlusive blood flow and strength following short-term resistance exercise training with blood flow restriction in young women. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108(5):1025-33.
30. Thiebaud RS, Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM, Kim D, Abe T, et al. The effects of elastic band resistance training combined with blood flow restriction on strength, total bone-free lean body mass and muscle thickness in postmenopausal women. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2013;33(5):344-52.
31. Yasuda T, Fukumura K, Iida H, Nakajima T. Effects of detraining after blood flow-restricted low-load elastic band training on muscle size and arterial stiffness in older women. *Springerplus*. 2015;4:348.
32. Clark BC, Manini TM, Hoffman RL, Williams PS, Guiler MK, Knutson MJ, et al. Relative safety of 4 weeks of blood flow-restricted resistance exercise in young, healthy adults. *Scand J Med Sci Sports*. 2011;21(5):653-62.
33. de Oliveira M CF, Corvino R, Denadai B. . Short-term low-intensity blood flow restricted interval training improves both aerobic fitness and muscle strength. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2015;26(9):1017-25.
34. Ellefsen S, Hammarstrom D, Strand TA, Zacharoff E, Whist JE, Rauk I, et al. Blood flow-restricted strength training displays high functional and biological efficacy in women: a within-subject comparison with high-load strength training. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2015;309(7):R767-79.
35. Karabulut M, Abe T, Sato Y, Bembem MG. The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108(1):147-55.
36. Kim D, Loenneke JP, Ye X, Bembem DA, Beck TW, Larson RD, et al. Low-load resistance training with low relative pressure produces muscular changes similar to high-load resistance training. *Muscle Nerve*. 2017;56(6):E126-E33.
37. Lixandrao ME, Ugrinowitsch C, Laurentino G, Libardi CA, Aihara AY, Cardoso FN, et al. Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115(12):2471-80.

38. Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki M, Ozaki H, Sato Y, Abe T. Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(10):2525-33.
39. Yamanaka T, Farley RS, Caputo JL. Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. *J Strength Cond Res.* 2012;26(9):2523-9.
40. Abe T, Sakamaki M, Fujita S, Ozaki H, Sugaya M, Sato Y, et al. Effects of low-intensity walk training with restricted leg blood flow on muscle strength and aerobic capacity in older adults. *J Geriatr Phys Ther.* 2010;33(1):34-40.
41. Yasuda T, Fukumura K, Fukuda T, Uchida Y, Iida H, Meguro M, et al. Muscle size and arterial stiffness after blood flow-restricted low-intensity resistance training in older adults. *Scand J Med Sci Sports.* 2014;24(5):799-806.
42. Farup J, de Paoli F, Bjerg K, Riis S, Ringgard S, Vissing K. Blood flow restricted and traditional resistance training performed to fatigue produce equal muscle hypertrophy. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25(6):754-63.
43. Lowery RP, Joy JM, Loenneke JP, de Souza EO, Machado M, Dudeck JE, et al. Practical blood flow restriction training increases muscle hypertrophy during a periodized resistance training programme. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2014;34(4):317-21.
44. Brandner CR, Kidgell DJ, Warmington SA. Unilateral bicep curl hemodynamics: Low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25(6):770-7.
45. Wilson J LR, Joy J, Loenneke J, Naimo M. . Practical Blood Flow Restriction Training Increases Acute Determinants of Hypertrophy Without Increasing Indices of Muscle Damage. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2013;27(11):3068-75.
46. Neto G NJ, Salerno V, Gonçalves M, Batista G, Cirilo-Sousa M. . Does a resistance exercise session with continuous or intermittent blood flow restriction promote muscle damage and increase oxidative stress? *Journal of Sports Sciences.* 2017;36(1):114-0.
47. Nielsen J AP, Prokhorova T, Nygaard T, Bech R, Suetta C et al. . Blood flow restricted training leads to myocellular macrophage infiltration and upregulation of heat shock proteins, but no apparent muscle damage. *The Journal of Physiology.* 2017;595(144857-4873).
48. Mattar MA, Gualano B, Perandini LA, Shinjo SK, Lima FR, Sa-Pinto AL, et al. Safety and possible effects of low-intensity resistance training associated with partial blood flow restriction in polymyositis and dermatomyositis. *Arthritis Res Ther.* 2014;16(5):473.
49. Bryk F dRA, Fingerhut D, Araujo T, Schutzer M, Cury R et al. . Exercises with partial vascular occlusion in patients with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. *Knee Surgery. Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2016;24(5):1580-6.
50. Loenneke J KD, Fahs C, Thiebaud R, Abe T, Larson R et al. . Effects of exercise with and without different degrees of blood flow restriction on torque and muscle activation. *Muscle & Nerve.* 2015;51(5):713-21.
51. Luebbbers PE, Fry AC, Kriley LM, Butler MS. The effects of a 7-week practical blood flow restriction program on well-trained collegiate athletes. *J Strength Cond Res.* 2014;28(8):2270-80.
52. Kim J, Lang JA, Pilania N, Franke WD. Effects of blood flow restricted exercise training on muscular strength and blood flow in older adults. *Exp Gerontol.* 2017;99:127-32.
53. Hollander DB, Reeves GV, Clavier JD, Francois MR, Thomas C, Kraemer RR. Partial occlusion during resistance exercise alters effort sense and pain. *J Strength Cond Res.* 2010;24(1):235-43.

54. Zhao R, Feng F, Wang X. Exercise interventions and prevention of fall-related fractures in older people: a meta-analysis of randomized controlled trials. Int J Epidemiol. 2017;46(1):149-61.

Bilagor

Bilaga 1:

<https://bestpractice.bmj.com/info/us/toolkit/learn-ebm/what-is-grade/>

Bilaga 2:

De delar av GRADE som använts för att utvärdera studier i denna uppsats:

A1. Selektionsbias

a-h

A2. Behandlingsbias

a, c-e

A3. Bedömningsbias

a-b, f

A4. Bortfallsbias

a-f

Granskningsmall för randomiserade kontrollerade och icke-randomiserade kontrollerade studier

Författare	
År	
Artikelnummer	

Alternativet "kan inte svara" används när uppgiften inte går att få fram från texten.

Alternativet "ej tillämpligt" väljs när frågan inte är relevant.

Studiekvalitet

A1. Selektionsbias	Ja	Nej	Kan inte svara	Ej tillämpligt
a) Har deltagare fördelats till grupperna?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Med randomisering (=> besvara b-g)				
<input type="checkbox"/> Med annan metod (=> besvara d-h)				

b) Har allokeringssekvensen genererats med en metod som tillåtit slumpen att avgöra?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Har allokeringen hållits dold för deltagare och forskare?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Om man har använt någon form av begränsning i fördelningsprocessen, har man angett skäl till detta och är skälen adekvata?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Redovisas samtliga relevanta baslinjevärden för respektive grupp?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Var grupperna väl balanserade vid studiens start avseende baslinjevärden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Om det fanns obalanser, har de korrigerats för på ett adekvat sätt i den statistiska analysen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) Om studien har använt matchning, är rekryteringsprocessen likvärdig för båda grupper?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentarer:				
Bedömning:				
<input type="checkbox"/> Låg risk för selektionsbias <input type="checkbox"/> Oklar risk för selektionsbias <input type="checkbox"/> Hög risk för selektionsbias				

A2. Behandlingsbias	Ja	Nej	Kan inte svara	Ej tillämpligt
a) Var studiedeltagare och/eller behandlare blinda?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Är det troligt att blindningen upprätthölls?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Har följsamhet till interventionen uppmäts och redovisats?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Är metoden för registrering av följsamhet validerad med tillfredsställande resultat?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Har deltagarna behandlats/exponerats på samma sätt bortsett från interventionen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentarer:				
Bedömning:				
<input type="checkbox"/> Låg risk för behandlingsbias <input type="checkbox"/> Oklar risk för behandlingsbias <input type="checkbox"/> Hög risk för behandlingsbias				

A3. Bedömningsbias	Ja	Nej	Kan inte svara	Ej tillämpligt
a) Är utfallsmåttet/utfallsmåtten okänsligt för bedömningsbias?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

b) Var den som utvärderade resultaten blindad för vilken intervention som gavs?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Är det troligt att blindningen upprätthölls?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Är utfallet korrekt definierat?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Är utfallet adekvat identifierat/diagnosticerat?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Gjordes mätningar av två oberoende utvärderare, och mättes observatörsöverensstämmelsen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentarer:				
Bedömning:				
<input type="checkbox"/> Låg risk för bedömningsbias <input type="checkbox"/> Oklar risk för bedömningsbias <input type="checkbox"/> Hög risk för bedömningsbias				

A4. Bortfallsbias	Ja	Nej	Kan inte svara	Ej tillämpligt
a) Redovisas hur stort bortfallet är?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Anges orsakerna till bortfallet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Är storlek på bortfall och orsaker balanserade mellan grupperna?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Är relevanta baslinjevariabler balanserade mellan avhoppare och icke avhoppare?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Är bortfallet tillräckligt lågt för att resultatet troligtvis inte kan påverkas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Är den statistiska hanteringen av bortfallet adekvat?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentarer:				
Bedömning:				
<input type="checkbox"/> Låg risk för bortfallsbias <input type="checkbox"/> Oklar risk för bortfallsbias <input type="checkbox"/> Hög risk för bortfallsbias				

Summering risk för bias (studiekvalitet)	Låg	Oklar	Hög
A1) Selektionsbias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A2) Behandlingsbias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A3) Bedömningsbias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A4) Bortfallsbias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentarer:			
Bedömning utifrån GRADE:			
<input type="checkbox"/> Inga begränsningar <input type="checkbox"/> Vissa begränsningar <input type="checkbox"/> Allvarliga begränsningar <input type="checkbox"/> Mkt allvarliga begränsningar			

Överförbarhet, rapporteringsbias och uppgradering

B. Överförbarhet	Ja	Nej	Kan inte svara	Ej tillämpligt
a) Överensstämmer kontexten och kontrollvillkoren med den tänkta, svenska vårdsituationen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				
b) Överensstämmer studiedeltagarna med den tänkta, svenska målpopulationen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				
c) Kan interventionen och sammanhanget där interventionen ges i studien översättas till hur den ges/skulle ges under svenska förhållanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				
Bedömning utifrån GRADE:				
<input type="checkbox"/> Ingen osäkerhet <input type="checkbox"/> Viss osäkerhet <input type="checkbox"/> Osäkerhet <input type="checkbox"/> Påtaglig osäkerhet				

C. Rapporteringsbias	Ja	Nej	Kan inte svara	Ej tillämpligt
a) Är studieprotokollet publicerat i förväg?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Om ja, har man hållit sig till protokollet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Anges vilket/vilka utfallsmått som är primära respektive sekundära?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Redovisas alla angivna utfallsmått?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Mättes biverkningar/komplikationer på ett tillfredsställande sätt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Redovisas utfallsmått som inte angivits i förväg?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

g) Redovisas fördefinierade utfallsmått på ett ofullständigt sätt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) Redovisas samtliga utfallsmått som man kan förvänta sig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i) Har den/de som utvärderat resultaten varit med att utveckla interventionen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j) Är risken låg för att studiens resultat har påverkats av intressekonflikter?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k) Är risken låg för att studiens resultat har påverkats av andra källor till bias?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				
Bedömning utifrån GRADE: <input type="checkbox"/> Inga problem <input type="checkbox"/> Vissa problem <input type="checkbox"/> Klar risk för bias				