



Institutionen för hälsovetenskaper
Fysioterapeutprogrammet

Utbildningsprogram
i fysioterapi 180 hp

Examensarbete 15 hp
Våren 2019

Vägen till maximal hypertrofi - En litteraturoversikt

Författare

Oscar Sternberg
Jakob Hofvander
Fysioterapiprogrammet
Lunds universitet
Os1712st-s@student.lu.se
Har14jho@student.lu.se

Handledare

Anita Wisén
Universitetslektor, Doc, Leg.
sjukgymnast.
Institutionen för
hälsovetenskaper
Lunds universitet
Anita.wisen@med.lu.se

Examinator

Frida Eek
Universitetslektor, Doc. Leg.
Sjukgymnast
Institutionen för
hälsovetenskaper
Lunds universitet
Frida.eek@med.lu.se

Abstrakt

Bakgrund

Ett vanligt förekommande mål bland såväl motionärer, idrottare, patienter och klienter är att öka muskelmassan, muskelhypertrofi. Ett antal litteraturöversikter har undersökt hur träning ska optimeras för att nå muskelhypertrofi, men ingen av dessa har fokuserat enbart på armbågsflexorer. Vi hypotetiserar att vad som är optimal dosering för att nå hypertrofi skiljer sig mellan olika muskelgrupper. Syftet med litteraturöversikten var att undersöka vilken betydelse; volym, frekvens, intensitet, vila mellan upprepade set (intersetvila) och tidigare träning har för muskelhypertrofi i armbågsflexorerna.

Syfte

Att med en litteraturstudie undersöka vad som karakteriserar ett optimalt träningsupplägg då målsättningen är att maximera muskelhypertrofi i armbågsflexorerna.

Metod

Sökning genomfördes i databaserna CINAHL Complete och PubMed. Utöver dessa databaser användes även tidskriften; The Journal of Strength and Conditioning Research. Sökningen anpassades för var databas med relevanta sökord, MeSH-termer/CINAHL Headings och booleanska operatörer. Huvudkriterier för inklusion var att studien skulle innehålla en träningsintervention som undersökt ökning av muskulaturens tvärsnittsytta för armbågsflexorerna med en träningsperiod på minst 6 veckor. Riktlinjer har satts upp för träningsfaktorerna; veckovolym (set/v), intensitet (RM), frekvens (träningsspass/v) och vila mellan set (min). Träningsinterventionerna från respektive studie har sedan analyserats och resultat sammanställts. Riktlinjer har satts upp för träningsfaktorerna; veckovolym (set/v), intensitet (RM), frekvens (träningsspass/v) och vila mellan set (min). Träningsinterventioner har sedan fördelats i förhållande till riktlinjer i olika grupper. Jämförelse har gjorts mellan grupperna utifrån beräkning av medelvärde av studiernas redovisade effekter för att få fram vilken grupp som har fått störst ökning av muskelns tvärsnittsytta.

Etik

Samtliga inkluderade studier är godkända av en etisk kommitté.

Resultat

Slutligen mötte 23 artiklar inklusionskriterierna, detta medförde 44 olika träningsinterventioner. Utifrån samtliga träningsinterventioner beräknades ökning av hypertrofi för samtliga träningsfaktorer. Studierna för låg (≤ 8 set), medel (9-14 set), hög (15-20 set) och väldigt hög volym (≥ 20 set) redovisade respektive genomsnittlig (SD) ökning av tvärsnittsytan för armbågsflexorer: $13.7 \pm 6.8\%$, $8.4 \pm 4.7\%$, $8.1 \pm 5.2\%$ och $7.4 \pm 2.9\%$. Studierna för låg (≥ 16 RM), medel (6-15 RM) och hög intensitet (≤ 5 RM) redovisade respektive genomsnittlig (SD) ökning av tvärsnittsytan för armbågsflexorer: $11.7 \pm 7\%$, $8.8 \pm 5.2\%$ och $12.1 \pm 0.9\%$. Studierna för kort vila (< 2 min) och lång vila (≥ 2 min) redovisade respektive genomsnittlig (SD) ökning av tvärsnittsytan för armbågsflexorer: $7.6 \pm 3.8\%$ och $11.4 \pm 6.4\%$. Studierna för låg träningsfrekvens (≤ 2 träningsspass per vecka) och hög träningsfrekvens (> 2 träningsspass per vecka) redovisade respektive genomsnittlig (SD) ökning av tvärsnittsytan för armbågsflexorer: $10.5 \pm 6.1\%$ och $7.7 \pm 3.9\%$. Studierna för otränade och tränade redovisade respektive genomsnittlig (SD) ökning av tvärsnittsytan för armbågsflexorer: $10.3 \pm 6\%$ och $8 \pm 4.2\%$.

Konklusion

Utifrån de 23 artiklar som analyserat i denna översikt tyder resultatet på att armbågsflexorerna bör tränas med 8 set eller mindre per vecka, hög intensitet (≤ 5 RM), lång vila (≥ 2 min) och låg frekvens (≤ 2 träningsspass per vecka). Störst ökning av muskelmassa sågs hos otränade individer. Emellertid behövs fler studier på området samt användning av statistiska metoder för att kunna möjliggöra en säker slutsats.

Nyckelord: hypertrophy, arm, resistance training, exercise, humans

Abstract

Background

A common goal among gym-goers, athletes, patients and clients is to increase muscle mass, muscle hypertrophy. Numerous systematic reviews have analyzed how training is optimized to reach muscle hypertrophy, but no one have focused on solely the elbow flexors. We hypothesize that the optimal dosage to reach hypertrophy differentiates between muscle groups. The purpose of this review was to examine the significance of; volume, intensity, rest between sets, training frequency and training experience towards muscle hypertrophy in the elbow flexors.

Purpose

The purpose of the study was to examine what characterizes an optimal workout program with the intention to maximize hypertrophy of the elbow flexors with a literature study.

Method

Databases used for the literature search was CINAHL Complete and PubMed. The literature search was also done in the following journal; The Journal of Strength and Conditioning Research. Relevant search words, MeSH-terms/CINAHL Heading and boolean operators were used to customize a search for each individual database. The main criteria for inclusion was an intervention that examined the increase in cross-sectional area for the elbow flexors over a period of at least 6 weeks. Studies and the following training interventions were then analyzed. Guidelines were made for each variable; weekly volume (set/v), intensity (RM), frequency (workouts per week) and rest between sets (min). The different interventions were put into different groups according the guidelines. Comparison between the groups were made by average from the studies presented effects to conclude which group had the highest increase in hypertrophy.

Ethics

All the included studies are approved by an ethics committee

Results

Finally, 23 articles met the inclusion criteria, which resulted in 44 different training interventions. The training interventions were then used to calculate the amount of hypertrophy for the different variables. Studies of low (≤ 8 set), medium (9-14 set), high (15-20 set) and very high volume (≥ 20 set) presented the respective average (SD) increase of the cross sectional area for the elbow flexors; $13.7 \pm 6.8\%$, $8.4 \pm 4.7\%$, $8.1 \pm 5.2\%$ and $7.4 \pm 2.9\%$. Studies of low (≥ 16 RM), medium (6-15 RM) and high intensity (≤ 5 RM) presented the respective average (SD) increase of the cross-sectional area for the elbow flexors: $11.7 \pm 7\%$, $8.8 \pm 5.2\%$ and $12.1 \pm 0.9\%$. Studies of short rest (< 2 min) and long rest (≥ 2 min) presented the respective average (SD) increase of the cross-sectional area for the elbow flexors: $7.6 \pm 3.8\%$ and $11.4 \pm 6.4\%$. Studies of low frequency (≤ 2 workouts per week) and high frequency (> 2 workouts per week) presented the respective average (SD) increase of the cross-sectional area for the elbow flexors: $10.5 \pm 6.1\%$ and $7.7 \pm 3.9\%$. Studies of untrained and trained individuals presented the respective average (SD) increase of the cross-sectional area for the elbow flexors; $10.3 \pm 6\%$ and $8 \pm 4.2\%$.

Conclusion

The results from the 23 articles in this review indicates that the elbow flexors should be trained with 8 sets or less per week, high intensity (≤ 5 RM), long rest (≥ 2 min) and a low frequency (≤ 2 workouts per week). The biggest increase in muscle mass was seen in untrained individuals. To conclude this, further research and the use of statistical methods is required.

Keywords: hypertrophy, arm, resistance training, exercise, humans

Innehållsförteckning

Bakgrund	1
Syfte	5
Frågeställning	5
Metod	5
Informationskällor.....	6
Lämplighetskriterier.....	6
Sökstrategi.....	6
Utvärdering av artiklar	9
Resultatsammanställning.....	9
Resultat	10
Betydelse av total volym per vecka för hypertrofi av armbågsflexorer.....	12
Betydelse av intensitet för hypertrofi av armbågsflexorer	13
Betydelse av vila mellan set för hypertrofi av armbågsflexorer.....	13
Betydelse av träningsfrekvens för hypertrofi av armbågsflexorer	13
Betydelse av tidigare träning för muskelhypertrofi	14
Diskussion	14
Volym.....	15
Intensitet	16
Vila mellan set	16
Frekvens	17
Betydelse av tidigare träning	17
Konklusion	17
Klinisk relevans	17
Referenser	18
Bilaga	24

Bakgrund

Strävan efter en muskulös fysik har funnits ända sedan antiken Grekland. Det har funnits många mytomspunna styrkeutövare genom tiderna. Milo of Croton är en av legenderna. Han var en grekisk atlet och hans styrka sägs ha uppkommit från att bära en oxen varje dag från att den var en liten kalv till att den blev fullvuxen. Även om detta till stor del är en myt, kan det ha varit en av de första träningsmetoderna som visade effektiviteten av successivt ökande belastning, "progressive overload".

Före 1900-talet var det primärt utövare inom styrketräning som stod för riktlinjer och rekommendationer genom sina anekdoter. Det var få forskare som var intresserade av ämnet då det ansågs vara en oseriös sysselsättning för korkade muskelbyggare, då en överutvecklad muskelmassa ledde till en underutvecklad hjärna. Detta grundades i att det antogs att den överutvecklade muskelmassan använde blod och födoämnen som egentligen behövts av annan vävnad. Under 1900-talets första hälft gjordes det mer forskning på vad muskulatur består av och hur den fungerar, därefter kom riktlinjer för styrketräning med utgångspunkt i set, repetitioner, belastning i förhållande till hela rörelsebanan (RM) och "progressive overload". Träning i alla dess former har populariserats under slutet av 1900-talet då det visat sig vara väldigt viktigt för en individs allmänna hälsa, därmed har det börjat ske mer och mer forskning på området(1,2).

Det finns tre primära mekanismer bakom muskelhypertrofi. Mekanisk spänning, muskelskada och metabol stress. Under det senaste decenniet har flera nya studier och litteraturoversikter med syfte att undersöka olika träningsmetoder som nyttjar de olika mekanismerna i varierande grad publicerats. Ett exempel på en träningsmetod som vuxit i popularitet över det senaste decenniet, där intensiteten generellt sett begränsas till fördel för metabol stress är Blood Flow Restriction training (3).

Muskelhypertrofi skiljer sig från hyperplasi. Muskelhypertrofi innebär att ytan av kontraktila element i en befintlig cell ökar, medan hyperplasi innebär att det faktiska antalet celler ökar. Antalet sarkomerer och myofibriller kan öka i en och samma cell, och antingen lägga sig i rad, eller parallellt. För muskelhypertrofi efter motståndsträning är det vanligast förekommande att antalet myofibriller och sarkomerer ökat och lagt sig parallellt(4). Detta innebär en ökning av muskelns tvärsnittyta. Under senare decennier har det hypotiserats att även sarkoplasmisk hypertrofi förekommer, alltså en ökning av muskelns tvärsnittsytan genom att muskelcellens cytoplasma ökar. Detta sker även vid myofibrillär hypertrofi, men enligt hypotesen så ska det gå att ändra ursprungsförhållandet mellan sarkoplasma och myofibrill tillväxt. En ökning av cytoplasman kan ske exempelvis om mängden glykogen i en muskel ökar (5). Det finns flera typer av muskelfiber, med olika karakteristika bland däggdjur. Initialt klassificerades dessa utifrån långsamma- och snabba muskelfiber (typ 1 respektive typ 2 muskelfiber) på grund av skillnaden i hastighet för myosinhuvuden att hydrolysera ATP, och därmed bilda korsbryggor. Även morfologiska skillnader är förekommande, där mängden myoglobin och antalet kapillärer skiljer sig mellan de båda fibertyperna. Typ 2 fiber innehåller mer myoglobin och kapillärer än typ 1, vilket även bidrar till dess rödaktiga utseende.

Antalet metoder för att identifiera och klassificera nya typer av muskelfiber har ökat under senare år. Det råder inte konsensus för metodiken varpå muskelfiber identifieras och klassificeras, och det förekommer fler fibertyper än de ursprungliga typ-1 och -2 fibrer som nämndes inledningsvis (6). En artikel från 1997 talar om 7 olika muskelfibertyper, men att det kan förekomma en "oräknerlig" mängd fibertyper beroende på kategorisering (7).

En klassificeringsmetod som är vanligt förekommande i litteraturen är en uppdelning av typ-2 muskelfibrer i typ a, b och x. Där typ 2b är snabbast, följt av typ 2x och slutligen typ 2a. Snabbare muskelfiber är bättre anpassade för att utveckla mycket kraft under kortare tid. Typ 2a har en bättre oxidativ förmåga än de glykolytiska typ 2b-fibrerna, och liknar mer typ 1 fibrer (8).

Människans muskulatur har en väldig plasticitet, och det har visat sig att det går att förändra fiberfördelningen genom olika typer av träning. Exempelvis så tenderar typ 2x fibrer att transformeras till typ 2a fibrer vid konditionsträning(9,10).

Möjligheten för en muskelcells tvärsnittsytta att öka är i sin tur beroende av typen av muskelfiber. Mer oxidativa muskelfiber, liksom typ 1 och typ 2a fibrer har inte samma förmåga att öka sin tvärsnittsytta som de mer glykolytiska typ 2x och typ 2b fibrerna (11). Ett inverst förhållande mellan tvärsnittsytta och oxidativ förmåga verkar råda bland muskelceller hos däggdjur. Muskelceller med den sämsta oxidativa förmågan har också den största tvärsnittsytan (12).

För att identifiera olika typer av muskelfiber används tre olika metoder; identifiering av tunga myosinkedjor, identifiering av metabola enzymer biokemiskt och färgning av myosin ATPas histokemiskt. (5)

I en studie undersöktes skillnaden på biceps brachii mellan unga (21.2 +/- 1.9 år) och gamla män (82.3 +/- 4.3 år). Det som noterades var bland annat att det faktiska antalet muskelfiber inte skilde mellan de båda grupperna, inte heller skilde fiberfördelningen. Den stora skillnaden låg i förmåga att utveckla kraft och storleken på muskelfiberna, författarna menar på att skillnaden beror främst på storleken av typ 2 fibrer hos de båda grupperna (13). Inte heller vid jämförelse av kroppsbyggare på elit- eller mellannivå och en otränad ålderskontrollerad kontrollgrupp sågs någon skillnad på antalet muskelceller mellan grupperna(14).

Satellitcellerna kan genom att smälta samman med befintliga muskelceller, förse dessa med fler cellkärnor(15). Varje muskelcellkärna har en myonukleär domän, alltså ett område med sarkoplasma kring muskelceller(16). Trots att en muskel atrofieras, och var domän blir mindre, så verkar det som att antalet muskelcellkärnor förblir konstant (17). Satellitcellerna kan aktiveras och smälta samman med muskelceller efter exempelvis skador och motståndsträning. Med fler muskelcellkärnor ökar cellens förmåga att nå en större tvärsnittsytta. Satellitcellernas förökning påverkas positivt av ökad muskelaktivitet, respektive negativt av minskad muskelaktivitet (18).

Vid motståndsträning gäller Henneman's storleksprincip, denna säger att små motorenheter rekryteras före stora motorenheter vid arbete. En motorenhet definieras som alfa motorneuron tillsammans med innerverade muskelfiber. Den totala kraften en muskel kan utveckla är beroende av antalet motorenheter som rekryteras, och den kraft var och en av de aktiva motorenheterna kan utveckla. Vid motståndsträning med flera repetitioner rekryteras först typ 1 fibrerna, följt av typ 2a, x och b. Detta är en av anledningarna till att träning nära, eller till failure är väldigt effektivt för att öka en muskels tvärsnittsytta (19).

En av de viktigaste faktorerna för muskelhypertrofi är "progressive overload", vilket är att man utsätter musklerna för en ökad stress genom ett träningsprogram som i sin tur leder till att kroppen behöver anpassa sig. "Progressive overload" kan uppnås genom ett antal olika vägar, till exempel ökad träningsintensitet (ökat motstånd alternativt ökad "time under tension") och träningsvolym (fler repetitioner alternativt fler set) eller kortare vila. Denna ökade volym kan

i sin tur läggas till inom passet, alternativt att man adderar pass per vecka (20). På liknande sätt som en ökad arbetsbörda för en muskel kan leda till hypertrofi, så kan en minskad arbetsbelastning leda till atrofi (21). Sängliggande och rymdresor är två exempel på när muskulatur blir avlastad (22).

För tiden under muskelkontraktion (Time Under Tension, TUT), verkar det finnas en maximal tid för att få ut så mycket hypertrofi som möjligt. Den optimala tiden för varje repetition är antagligen 0,5-8s, inom detta spannet har inga skillnader i muskelhypertrofi noterats. Repetitioner över 10s är troligtvis sämre för muskeltillväxt (23).

I en litteraturoversikt från 2017 undersöktes effekten av olika träningsvolym på hypertrofi. Slutsatsen som drogs var att träningsvolym är en faktor av stor betydelse för maximal muskelhypertrofi över tid (24). I en undersökning av kroppsbyggares träningsvolym, sågs det att 95% av deltagarna vid en amatörtävling föredrog en högre än en lägre träningsvolym (25). Kroppsbyggarnas föredragna träningsmetod följer de nuvarande riktlinjerna från *The American College of Sports Medicine*, som rekommenderar 3-6 set per övning för personer på avancerad nivå (klassificeras som individer med erfarenhet ifrån år av motståndsträning) (26).

Vid jämförelse av träningsprogram med olika repetitionsintervall men där den totala volymen och intensiteten är densamma (total workload), ses ofta en liknande ökning av muskelns tvärsnittsytta. Intensitetens vikt för att maximera hypertrofi varierar en del mellan studier, men så länge övningarna utförs till "volitional muscular failure" verkar det ha en mindre betydelse (27). Det har påvisats i ett flertal studier att även relativt låg intensitet kan ge snarlika resultat om målet enbart är hypertrofi. Om målsättningen är styrkeökning (1RM) så ser rekommendationerna annorlunda ut (28).

När det kommer till vilan mellan set (intersetvilan), så verkar det som att en längre vila generellt ger bättre resultat. Detta sågs i en studie vid jämförelse av kort- och lång intersetvila, där gruppen som vilade 3 minuter hade fått mer hypertrofi efter studiens slut än gruppen som vilade 1 minut (29).

Vilken tid träningspasset sker under dagen kan ha en inverkan på hypertrofi. På morgonen är nivåerna av anabola hormoner som högst, till exempel testosteron (T) och tillväxthormon (GH). Studier som har kollat på individens träningsprestation på morgonen jämfört med på kvällen har sett att en majoritet av individer har en bättre träningsprestation på kvällen. Anledningen till detta hypotiseras vara grundad i att kroppstemperaturen är högre på kvällen, vilket ökar blodflöde till muskulatur och därmed ökar muskelstyrka. En annan hypotes är att nivåerna av kortisol är högre på morgonen, och därmed motverkar de positiva effekterna av de högre nivåerna anabola hormoner (30). Ökad prestationsförmåga (ökad styrka och uthållighet) är en viktig faktor när målet är hypertrofi. Det behövs mer forskning innan en slutsats kan dras om att träning på kvällen är optimalt när målet är hypertrofi, då det finns studier som visar på att det är inte någon skillnad mellan morgon- och kvällsträning. De nuvarande riktlinjerna är att välja träningstid baserat på individens preferens och där träningsprestation är optimal (31,32).

Individer som tidigare har styrketränat har lättare att återfå muskelmassa efter att ha varit inaktiva, så kallat "muscle memory" eller muskelminne. Vid styrketräning ökar antalet myonucleus i muskelfiber och en stor andel av de nya myonucleus är kvar efter att muskeln har atrofierat. Antalet myonucleus påverkar hur snabbt muskeln växer när den blir utsatt för motstånd. Det kan därför vara av stor betydelse att styrketräna tidigt i livet för att lättare

bibehålla muskulatur vid högre ålder (33). I en studie på möss noterades det att användning av anabola steroider ökar antalet myonucleus, även efter supplementation av steroider. En individ kan alltså teoretiskt vara "dopad" även efter att ha avslutat sin användning av steroider (34).

Ocklusionsträning är något som populariserats under det senaste decenniet. Ocklusionsträning utgår från principen att ge muskulatur syrebrist genom att begränsa blodflödet med till exempel en tryckmanschett, som ska simulera syrebristen som förekommer vid intensiv träning. Detta kan användas för att uppnå liknande fysiologisk anpassning som vid konventionell styrketräning (60-80% av 1RM) med en lägre intensitet (20-50% av 1RM), det krävs dock mer forskning för att säkerhetsställa evidensen för ocklusionsträning om målet är hypertrofi (35).

Muskler byggs inte enbart genom träning, utan det behövs även en bra diet. Det finns en mängd olika dieter som används inom träning, det som alla har gemensamt är ett moderat till högt intag av protein. För fysiskt aktiva individer ligger de nuvarande rekommendationerna mellan 1.4-2.0g/kg/dag, där det övre spannet är riktat mot individer som styrketränar (36,37). Individer som styrketränar och har ett underskott i kalorier har högre rekommendationer, 2.3-3.1g/kg/dag, för att kunna bibehålla så mycket muskelmassa som möjligt (38,39). I en studie som jämförde väldigt högt proteinintag (4.4g/kg/dag) mot det rekommenderade intaget (1.8g/kg/dag) på tränande individer sågs ingen skillnad i kroppssammansättning, vilket överensstämmer med riktlinjerna (40). Det har varit väldigt populärt bland styrketränande individer att inta protein efter sitt träningspass, men det finns bristande evidens för att det faktiskt har en avsevärd effekt, utan det är bättre att lägga fokus på att nå det dagliga intaget (41). Ett högt intag av kolhydrater är viktigt för att kunna prestera optimalt under intensiv träning. Riktlinjerna ligger på 4-7g/kg/dag för individer som styrketränar, upp till 10g/kg/dag för individer som tränar med väldigt hög volym (36,(42). Fett är viktigt för uppehålla korrekt hormonell balans, mer specifikt så har det noterats att ett för lågt intag av fett sänker nivån av det anabola hormonet testosteron i män. Ett intag på ungefär 20-30% av det dagliga intaget är rekommenderat för individer som styrketränar. Det är viktigt att nå det rekommenderade dagliga intaget mikronutrientier (vitaminer och mineraler) för att ej ha negativ effekt på träning. Det finns inte evidens för ökad prestationsförmåga vid intag utöver rekommendationerna. Inom träningsindustrin kommer det hela tiden nya supplement som ska vara banbrytande när det gäller att bygga muskler, men de saknar ofta evidens. Några välkända supplement som har stark evidens för att höja prestationsförmåga är koffein, kreatin och beta-alanin (36).

Det är vanligt att träningsprogram använder sig av något som kallas periodisering, där man genom att manipulera bland annat volym och intensitet under träningsperioden vill uppnå en förbättrad respons av träningen. Periodisering kan se ut på olika sätt, men den klassiska formen ser ut på så sätt att träningsprogrammet börjar med en lägre intensitet som stiger efter programmets gång och volymen anpassas därefter, från högre till lägre (25). Periodisering kan innebära en linjär förändring av en eller flera träningsvariabler, men också en helt föränderlig variant beroende på exempelvis dagsform.

Proteinsyntesen i muskulatur är en viktig faktor för hypertrofi och är direkt kopplad till musklernas anpassning mot stimuli. I två studier har de sett en ökad proteinsyntes upp till 24-36 timmar efter styrketräning och kan därför vara avgörande för en individs träningsfrekvens där målet är att maximera hypertrofi (43,44).

Att effekten av kroniskt eleverade anabola hormoner över det fysiologiska spannet påverkar muskeltillväxten signifikant är sedan tidigare välkänt (45). Det verkar även finnas ett dos-respons förhållande mellan muskeltillväxt och ökad dos exogent testosteron (46). Dessutom tyder resultat från tidigare studier på att administrering av anabola steroider över tid kan ge bestående morfologiska skillnader i musklerna (47). Motståndsträning i sig, utan exogen hormonell tillförsel skapar en akut elevering av anabola hormoner likt testosteron och tillväxthormon (48). Akut hormonutsöndring är signifikant korrelerat med en ökad tvärsnittsytta (muskelhypertrofi), men inte styrkeökning (49). Valet av träningsmetodik påverkar mängden hormon som utsöndras. exempelvis noterade en studie på akuta hormonnivåer efter träning högre nivåer anabola hormon följt av benträning med fria vikter (benböj) än i maskin (benpress), trots samma subjektiva uttröttningsnivå (RPE) (50). Betydelsen av akut hormonell respons är inte fullt klarlagd ännu, men baserat på nuvarande tillgänglig data, så är betydelsen av akut hormonell respons troligtvis marginell i praktiken för majoriteten av tränande individer (51). En annan studie undersökte skillnaden mellan en kort interset vila (1 minut) med en längre (5 minuter) på bland annat cirkulerande testosteron och tillväxthormon efter träningspasset. Hypotesen var att gruppen med kortare interset vila skulle ha högre hormonnivåer och således även en högre MPS. Även om högre hormonnivåer observerades, så hade gruppen med kortare intersetvila en lägre MPS i det akuta skedet efter träningspasset (0-4h efter träning) än gruppen med längre vila (52).

Eftersom träningsutlösta skillnader i tillväxthormon och testosteron visat sig vara dåliga markörer för hypertrofi krävs andra metoder som tar större hänsyn till de underliggande drivkrafterna för muskelhypertrofi (53). Andra metoder som föreslås som bättre markörer för att studera träningens kroniska effekter på muskelhypertrofi är att mäta signalprotein, exempelvis p70(S6K) eller den faktiska muskelproteinsyntesen (54). Vid studier på den faktiska proteinsyntes efter motståndsträning är det viktigt att inkludera mer än den akuta proteinsyntesen. Individer med längre erfarenhet får inte samma tränings svar som nybörjare. Det som noterats är bland annat att tränade individers proteinsyntes når högre nivåer tidigare, men även att den når normala nivåer snabbare än nybörjares. För att få en rättvis bild av resultatet på lång sikt är det därmed viktigt att antingen mäta proteinsyntesen kontinuerligt, eller att göra flera mätningar över en längre tidsperiod (55,56).

Biceps momentarm för armbågsflexion är direkt beroende av underarmens position (supination, pronation). Med fullt pronerad underarm kan biceps brachiiis förmåga att utveckla kraft inhiberas så mycket som 50% (57).

Syfte

Att med en litteraturstudie undersöka vad som karakteriserar ett optimalt träningsupplägg då målsättningen är att maximera muskelhypertrofi i armbågsflexorerna.

Frågeställning

Med målsättningen att maximera muskelhypertrofi i armbågsflexorerna, vilken betydelse har:

- Total träningsvolym per vecka (Set/v)
- Intensitet (RM, RPE, RIR)
- Vila mellan set (Sek, min)
- Frekvens (Antal pass/muskelgrupp och vecka)
- Tidigare träning

Metod

Informationskällor

Studien är en systematisk litteraturöversikt. För att finna artiklar som besvarar frågeställningen genomfördes sökning i två databaser; CINAHL Complete och PubMed. Utöver dessa databaser användes även tidskriften; The Journal of Strength and Conditioning Research. Sökningen anpassades för var databas med relevanta sökord, MeSH-termer/CINAHL Headings och booleanska operatorer.

Lämplighetskriterier

Inklusionskriterier för artikel var; alla deltagare måste ha fyllt 18 år. Publicerad mellan 2008-2018. Publicerad på engelska och godkänd av en etisk kommitté. Studiedesign måste vara randomiserade studier och observationsstudier (kohort- och fall-kontrollstudier). Studien måste innehålla en träningsintervention innehållande motståndsträning för armbågsflexorerna pågående över minst 6 veckor. Utöver detta så måste interventionen inledas med en mätning av muskelmassa med antingen ultraljud eller magnetröntgen samt även efter avslutad intervention. Studien måste slutligen vara genomförd på försökspersoner av manligt kön och med en väsentligt frisk studiepopulation. Med väsentligt frisk menades alla former av patologiska tillstånd som har möjlighet att påverka utfallet av studien i en vilseledande riktning.

Exklusionskriterier för artikel var; alla deltagare med sjukdomar eller funktionshinder som på något vis felaktigt kan påverka resultatet. Ej tillgänglig i fulltext för Lunds Universitet. Studier ej genomförda med mänskliga försökspersoner.

Sökstrategi

För att finna relevanta CINAHL headings, MeSH termer och sökord studerades ett antal för litteraturöversikten relevanta artiklar. Grundprincipen för hur sökningen strukturerades baserades på att ett antal faktorer måste vara uppfyllda.

1. En träningsintervention, relevanta sökord blev således exempelvis: "resistance training"
2. Hypertrofi, studierna som är av intresse har undersökt och genomfört mätningar av mängden muskelhypertrofi i armbågsflexorerna. Således bör sökord relaterade till hypertrofi inkluderas, exempelvis "muscle hypertrophy".
3. Specifikt för armbågsflexorerna (med undantag för CINAHL Complete), inkluderade sökord är relaterade till armbågsflexorerna, exempelvis "elbow flexor"

För CINAHL Complete genomfördes en bredare sökning, utan några sökord eller headings specifika för armbågsflexorerna. Detta gjordes på grund av att många relevanta artiklar försvann när sökningen specificerades för CINAHL Complete. För PubMed genomfördes en mer specifik sökning, som även inkluderade armbågsflexorerna. I The Journal of Strength and Conditioning Research användes enbart två sökord; hypertrophy AND elbow. Sökresultaten sållades sedan enskilt av båda skribenterna, först efter titel, därefter efter artikeltyp och abstract. Alla inkluderade artiklar från både Oscar och Jakob sammanställdes i ett dokument. Slutligen lästes fulltext och alla inkluderade artiklar jämfördes av skribenterna. Oenighet rörande inklusion löstes genom ömsesidig överenskommelse.

Artiklar som bedömdes som relevanta, men ej uppfyllde inklusionskriterierna, exempelvis då författarna når fram till en slutsats för hela kroppen, genom exempelvis träning av enbart quadriceps inkluderades ej i resultatet, men sparades till diskussionen.

För att finna fler artiklar användes en vanlig metod; "snowballing". Det innebär att de inkluderade artiklarnas referenslistor studeras för att hitta eventuella artiklar som passar inklusionskriterierna (58). Denna metod gav ytterligare 7 artiklar till resultatet.

Databas: CINAHL	Sökord	Filter	Antal träffar	Urval 1	Urval 2
Datum: 2018-11-01					
#1	(MH "Muscle Strengthening+")		18769		
#2	(MH "Muscle Hypertrophy (Physiology)")		396		
#3	exercise OR resistance OR fitness OR training OR bodybuilding		385215		
#4	muscle hypertrophy		1850		
#5	#1 OR #3		386887		
#6	#2 OR #4		1850		
#7	#5 AND #6		977		
#8	"cross sectional area" OR "cross-sectional area" OR PCSA OR "skeletal muscle area" OR "lean body mass" OR "muscle mass"		7782		
#9	#7 AND #8		289		
#10		+Limiters - Published Date: 20080101-20181231	215		
#11		Narrow by Language: - english	208	51	3

Schema för sökning i CINAHL

Databas: PubMed	Sökord	Filter	Antal träffar	Urval 1	Urval 2
Datum: 2018-11-20					
#1	resistance training[MeSH Terms] OR "resistance training" OR "weight training" OR (weight lifting[MeSH Terms] OR "weight lifting" OR "weightlifting")		15052		
#2	#1 AND muscle, skeletal[MeSH Terms] OR "skeletal muscle" OR muscle development[MeSH Terms]		13605		
#3	#2 AND hypertrophy[MeSH Terms] OR "hypertrophy"		1205		
#4	#3 AND arm[MeSH Terms] OR "elbow" OR "arm" OR "brachium" OR "biceps"		112		
#5	#4 AND "cross sectional area" OR "cross-sectional area" OR PCSA OR "skeletal muscle area" OR "lean body mass" OR "muscle mass"		51		
#6	#5 AND humans[MeSH Terms] OR "human" OR "humans"		45		
#7		Publication date from 2008/01/01	34	26	7

Schema för sökning i PubMed

Journal: Journal of strength and conditioning research Datum: 2018-12-10	Sökord	Filter	Antal träffar	Urval 1	Urval 2
#1	Hypertrophy and elbow		200		
#2		Artiklar fr.o.m. 2008	195	16	8

Schema för sökning i Journal of strength and conditioning research

Utvärdering av artiklar

För utvärdering av de 23 kvarvarande artiklar användes PEDro scale (bilaga 1). PEDro scale består av 11 frågor. Fråga 2-11 användes för räkna ut det slutliga resultatet. Studierna graderas som hög kvalitet = poäng 6-10, medel kvalitet = poäng 4-5 och dålig kvalitet = poäng ≤ 3 . Graderingen gjordes enskilt, med hjälp av mallen för PEDro scale, därefter jämfördes graderingsresultatet mellan skribenterna.

Resultatsammanställning

Resultat avseende vardera träningsintervention i samma studie inkluderades separat, alltså kunde en studie medföra mer än en träningsintervention beroende på antal interventionsgrupper. Utifrån respektive studie extraherades information om respektive faktor som skulle undersökas samt en uppgift om resultat i form av genomsnittlig förändring i tvärsnittsytta efter träningsinterventionen. Träningsintervention struktureras upp i en tabell med kolumner enligt följande faktorer; antal deltagare (tränad/otränad), träningsperiod (veckor), veckovolym (set/vecka), intensitet (RM), träningsfrekvens (träningsspass/vecka), intersetsvila (minuter) och träningsresultat (CSA/MT%).

Kategorier sätts upp för samtliga faktorer:

- Veckovolym (set/vecka): låg (≤ 8 set), medel (9-14 set), hög (15-20) och väldigt hög (≥ 20 set) volym
- Intensitet (RM): låg (≥ 16 RM), medel (6-15 RM) och hög (≤ 5 RM)
- Intersetsvila (minuter): låg (< 2) och hög (≥ 2)
- Träningsfrekvens (träningsspass/vecka): låg (≤ 2) och hög (> 2)
- Tidigare träning: otränad och tränad

Vi har satt kategorier i resultatet utifrån antalet studier för att få en jämn fördelning, vad vi ansåg vara rimligt samt efter allmän konsensus bland skribenter av nyare meta-analyser inom motståndsträning (24, 27, 28, 29, 59)

Interventioner sammanställdes i grupper utifrån kategorier inom respektive undersökta faktorer (till exempel en grupp med nio interventioner för låg veckovolym (≤ 8 set)). Därefter beräknades en genomsnittlig effekt av de olika kategorierna inom respektive faktor, i form av ett medelvärde (-standarddeviation, minimum och maxvärde) av de olika studiernas redovisade effekter. Jämförelse görs mellan den beräknade genomsnittliga effekten för grupperna inom respektive faktor, utifrån medelvärde för att få fram vilken grupp som har fått störst ökning av muskelns tvärsnittsytta.

Vid beräkning av träningsvolym har enbart effektiva set för armbågsflexorer räknats med, set för andra muskelgrupper har räknats bort. Ett effektivt set innebär att RPE eller RIR är tillräckligt hög, alltså räknas inte ett uppvärmningsset. Träningspass där endast andra muskelgrupper har tränats har räknats bort.

Vid övningar där fler leder än bara armbågsleden har aktiverats (flerledsövningar, multijoint), valde vi att beräkna antalet set som $0.5 \times$ set, en vanlig metod för att mäta praktisk arbetsvolym för en muskelgrupp för kroppsbyggare. Bland annat Mike Israetel från Temple University och Renaissance Periodization rekommenderar en metod likt denna (59). En anledning bakom detta val är bland annat att biceps brachii's förmåga att utveckla kraft varierar med underarmens position, och andra muskelgrupper kan göra mer arbete och således vara den begränsande faktorn.

Resultat

Totalt 23 artiklar inkluderades med 44 träningsinterventioner. Utvärdering enligt PEDro scale resulterade i att 15 studier var av hög kvalitet och 8 studier var av medel kvalitet. Det var totalt 509 försökspersoner varav 213 var tränade, 296 var otränade och alla var män. Antalet försökspersoner i studierna varierade mellan 8 och 49. De hade en genomsnittlig träningsperiod (veckor) på 9.5 ± 2.4 (min=6, max=16), en genomsnittlig veckovolym (set/vecka) på 11.9 ± 6 (min=2, max=27), en genomsnittlig intensitet (RM) på 13.1 ± 10 (min=3 max=60), en genomsnittlig intersetvila (minuter) på 1.7 ± 0.6 (min=0.5, max=3), en genomsnittlig träningsfrekvens (träningsspass/vecka) på 2.4 ± 0.9 (min=1, max=6) och med ett genomsnittligt träningsresultat (CSA/MT%) på 9.4 ± 5.4 (min=0.9, max=25.3). Samtliga studier har sammanställts i *Tabell 1* nedan.

Tabell 1: Sammanställning av studier, deltagare och träningsfaktorer, (period: antal veckor, veckovolym: set per vecka, intensitet: RM (repetition maximum), frekvens: träningspass per vecka, vila mellan set: minuter och resultat: % ökning av CSA (Cross sectional area) och MT (Muscle thickness)).

Studie	Deltagare	Period (veckor)	Veckovolym (set/v)	Intensitet (RM)	Frekvens (pass/v)	Vila mellan set (min)	Resultat (%)
1. (60)	9 otränade män	9	9	10	2	-	CSA 6.5 4.6
2. (61)	28 otränade män	16	12	5	3	3	CSA 11.4
3. (62)	19 tränade män	6	9/ 11	8-15	3	1	MT 7.3/ 0.9
4. (63)	30 otränade män	12	8/ 9/ 8/ 6	8/ 15/ 30/ 60	2	2	CSA 25/ 25.1/ 25.3/

							11.4
5. (64)	20 tränade män	8	27	20/ 8	3	0.5/ 2	CSA 9.93/ 4.73
6. (65)	8 otränade män	12	2/ 6	8	2	0.5	CSA 8.0/ 13.3
7. (66)	12 otränade män	15	8	11	1.8	2	CSA 11
8. (67)	12 otränade män	10	14	8	2	1/ 2.5	CSA 5.1/ 12.3
9. (68)	20 tränade män	8	17	8-12	2.25	0.5-2/ 2	CSA 14.5/ 13.8
10. (69)	18 otränade män	6	9	12	3	2	CSA 10.3
11. (70)	30 otränade män	10	18	8-12	1/ 2	2	MT 5.5/ 7
12. (71)	18 tränade män	8	9	25-35 / 8-12	3	1.5	MT 5.3/ 8.6
13. (72)	9 otränade män	11	24	8	2	1,5	CSA 10
14. (73)	21 otränade män	8	9	8/ 40/ 8-40	3	1.5	CSA 9.1/ 9.4/ 8.8
15. (74)	21 tränade män	8	9	8-12	3	3/ 1	MT 5.4/ 2.8
16. (75)	30 tränade män	6	18	6-10	3/ 6	1.25	MT 7/ 1
17. (76)	18 tränade män	8	23	10-12	2/ 5	2	MT 3,8/

							8,5
18. (77)	20 tränade män	8	12	15	1/ 2	1	MT 5,5/ 5,7
19. (78)	40 otränade män	10	6	14	2	-	MT 9,5 7,4
20. (79)	17 tränade män	8	5/ 11	10/ 3	1,5	1,5/ 3	MT 12,6/ 12,7
21. (80)	49 otränade män	12	9	12-15, 8- 10 och 3-5	2	1, 2 och 3	MT 8.35
22. (81)	30 otränade män	12	9	12-15, 8- 10 och 3-5	2	1, 2 och 3	MT 9.1/ 5.7
23. (82)	30 tränade män	12	9	12-15, 8- 10 och 3-5	2	1, 2 och 3	MT 9,8/ 12,9

Betydelse av total träningsvolym per vecka för hypertrofi av armbågsflexorer

Vid undersökning av total träningsvolym per vecka (set/v) av 23 studier var det följande, 9 träningsinterventioner med låg volym, 24 träningsinterventioner med medel volym, 6 träningsinterventioner med hög volym och 5 träningsinterventioner med väldigt hög volym. Störst ökning i hypertrofi sågs för låg volym. Låg, medel, hög och väldigt hög volym hade respektive ökning av hypertrofi för armbågsflexorer: $13.7\pm 6.8\%$, $8.4\pm 4.7\%$, $8.1\pm 5.2\%$ och $7.4\pm 2.9\%$.

Tabell 2: Hypertrofi av armbågsflexorer i relation till träningsvolym per vecka (set/v).

Indelning	Träningsvolym per vecka (set/v)	Träningsinterventioner (Antal)	Period (Veckor, Min-Max)	Resultat (% , Medel \pm SD)	Resultat (% , Min-Max)
Låg	≤ 8	9	8-15	13.7 ± 6.8	7.4-25.3
Medel	9-14	24	6-16	8.4 ± 4.7	0.9-25.1
Hög	15-20	6	6-10	8.1 ± 5.2	1-14.5
Väldigt hög	≥ 20	5	8-11	7.4 ± 2.9	3.8-10

Betydelse av intensitet för hypertrofi av armbågsflexorer

Vid undersökning av intensitet av 23 studier var det följande, 6 träningsinterventioner med låg intensitet, 36 träningsinterventioner med medel intensitet och 2 träningsinterventioner med hög intensitet. Störst ökning i hypertrofi sågs för hög intensitet. Låg, medel och hög intensitet hade respektive ökning av hypertrofi för armbågsflexorer: $11.7 \pm 7\%$, $8.8 \pm 5.2\%$ och $12.1 \pm 0.9\%$.

Tabell 3: Hypertrofi av armbågsflexorer i relation till intensitet (repetition maximum, RM).

Indelning	Intensitet (RM)	Träningsinterventioner (Antal)	Period (Veckor, Min-Max)	Resultat (% , Medel \pm SD)	Resultat (% , Min-Max)
Låg	≥ 16	6	8-12	11.7 ± 7	5.3-25.3
Medel	6-15	36	6-15	8.8 ± 5.2	0.9-25.1
Hög	≤ 5	2	8-16	12.1 ± 0.9	11.4-12.7

Betydelse av vila mellan set för hypertrofi av armbågsflexorer

Vid undersökning av vila mellan set av 23 studier var det följande, 19 träningsinterventioner med kort vila och 21 träningsinterventioner lång vila. Störst ökning i hypertrofi sågs för lång vila. Kort vila och lång vila hade respektive ökning av hypertrofi för armbågsflexorer: $7.6 \pm 3.8\%$ och $11.4 \pm 6.4\%$.

Tabell 4: Hypertrofi av armbågsflexorer i relation till vila mellan set (minuter).

Indelning	Vila mellan set (Min)	Träningsinterventioner (Antal)	Period (Veckor, Min-Max)	Resultat (% , Medel \pm SD)	Resultat (% , Min-Max)
Låg	< 2	19	6-12	7.6 ± 3.8	0.9-14.5
Hög	≥ 2	21	6-16	11.4 ± 6.4	3.8-25.3

Betydelse av träningsfrekvens för hypertrofi av armbågsflexorer

Vid undersökning av träningsfrekvens av 23 studier var det följande, 26 träningsinterventioner med låg träningsfrekvens och 18 träningsinterventioner med hög träningsfrekvens. Störst ökning i hypertrofi sågs för låg träningsfrekvens. Låg träningsfrekvens och hög träningsfrekvens hade respektive ökning av hypertrofi för armbågsflexorer: $10.5 \pm 6.1\%$ och $7.7 \pm 3.9\%$.

Tabell 5: Hypertrofi av armbågsflexorer i relation till träningsfrekvens (träningsspass per vecka).

Indelning	Frekvens (pass/vecka)	Träningsinterventioner (Antal)	Period (Veckor, Min-Max)	Resultat (% , Medel \pm SD)	Resultat (% , Min-Max)
Låg	≤ 2	26	8-15	10.5 ± 6.1	3.8-25.3
Hög	> 2	18	6-16	7.7 ± 3.9	0.9-14.5

Betydelse av tidigare träning för muskelhypertrofi

Vid jämförelse tränade och otränade individer av 23 studier var det följande, 26 träningsinterventioner med otränade deltagare och 18 träningsinterventioner med tränade deltagare. Störst ökning i hypertrofi sågs för de otränade individerna. Otränade och tränade hade respektive ökning av hypertrofi för armbågsflexorer: $10.3 \pm 6\%$ och $8 \pm 4.2\%$.

Tabell 6: Hypertrofi av armbågsflexorer i relation till tidigare träning.

Erfarenhet	Träningsinterventioner (Antal)	Period (Veckor, Min-Max)	Resultat (% , Medel \pm SD)	Resultat (% , Min-Max)
Otränade	26	6-16	10.3 ± 6	2.8-25.3
Tränade	18	6-12	8 ± 4.2	0.9-14.5

Diskussion

I denna översikt tyder resultatet på att armbågsflexorerna bör tränas med 8 set eller mindre per vecka, hög intensitet, lång vila och låg frekvens. Emellertid behövs fler studier på området samt användning av statistiska metoder för att kunna möjliggöra en säker slutsats.

Vi hypotiserar att det kan vara så att olika muskelgrupper anpassar sig till volym och andra träningsfaktorer annorlunda än armbågsflexorer. Detta baserar vi på bland annat; storleken på muskelgrupperna, förmågan att utveckla kraft, pennationsvinklar och fiberfördelning.

Detta är ingen metaanalys, vi kommer inte att kunna nå en slutsats med ett statistiskt signifikant resultat utan att tillämpa andra statistiska metoder, exempelvis skulle en meta-regression vara nödvändigt för att ta hänsyn till olika moderatorsvariabler (i denna uppsats detsamma som träningsfaktorerna). Med användning av vår metod vet vi inte i vilken utsträckning de olika variablerna påverkat varandra. En rad metaregressioner skulle kunna möjliggöra en separation av variablerna.

Det var 23 studier kvar efter att ett flertal intressanta artiklar gick bort. Studier som kombinerat konditionsträning med motståndsträning, studier som kollat på BFR (blood flow restriction) samt artiklar med otillräckligt mätvärde, t.ex. omkrets av arm. Databasen SPORTdiscus, som vi fann intressant, var inte tillgänglig för Lunds universitet. Vid en inkludering av denna databas hade vi eventuellt kunnat öka mängden relevanta artiklar. Något vi också funderat på i efterhand är våra inklusionskriterier, vi har bara med artiklar efter 2008. Det finns många relevanta artiklar från tidigare år som hade kompletterat vårt resultat. Det relevanta borde vara mätmetod och intervention, inte år för publicering.

Det finns ett flertal faktorer som har en inverkan på det slutliga resultatet. Studierna är ej viktade för antal deltagare. En studie med ett stort antal deltagare har sannolikt högre statistisk kraft än en studie med ett lågt antal deltagare. Mängden träningsinterventioner i varje grupp gör att skillnaden minskar, då antalet studier med ett lågt och högt antal deltagare jämnas ut.

Flera studier följer specifika mallar, därför många med liknande träningsfaktorer. Tre studier följde exempelvis samma upplägg av Charles Poliquin. Dessa tre studier använde sig av en periodiseringsvariant med en ackumuleringsfas följt av en intensivare fas. Målet med detta är enligt Poliquin själv att dra nytta av de fördelar de olika intensiteterna har (83).

Träningsperioderna för de olika träningsinterventionerna har en väldigt stor variation, vilket gör jämförelse svårt. De första veckorna av ett träningsprogram sker främst neurologiska förändringar och ej hypertrofi (84). Det är fortfarande väldigt stor skillnad mellan 6 och 12 veckor. Rimligen bör de längre studierna resultera i att deltagarna lägger på sig mer muskelmassa än de kortare. Vi gjorde en avvägning och ansåg slutligen att studier med en träningsintervention under 6 veckor skulle sakna statistisk kraft. Statistik kraft är lättare att hitta med större skillnad mellan intervention och kontrollgrupp. Exempelvis lämpar sig en 6 veckors intervention om du undersöker skillnad mellan ingen träning och träning. För att nå högre statistisk kraft utan att använda fler deltagare kan en "within-subject" studiedesign användas. Där var och en av deltagarna randomiseras till två interventioner med exempelvis en arm som kontrollgrupp och en annan som intervention. Denna typ av studiedesign ger mer statistisk kraft eftersom såväl livsstilsfaktorer (exempelvis kosthållning, stress och sömn per natt) som genetiska skillnader elimineras. En nackdel med en sådan studiedesign är att unilateral träning generellt är mer tidskrävande och att det inte går att utesluta att den ena kontralaterala extremiteten påverkats av den andra träningsinterventionen. Eftersom majoriteten av våra studier är relativt korta (ungefär 12 veckor), så är det svårare att nå statistisk kraft i studier med tränade individer. Träningsresultat följer regeln om avtagande avkastning. Alltså, allt eftersom mer muskelmassa tillkommer, så kommer muskelhypertrofin att avta successivt. Träningsresultat är ofta normalfördelat.

Vi har satt riktlinjer i resultatet, till exempel hög och låg frekvens, utifrån hur studierna är utformade (antalet studier som faller in i respektive grupp), vad vi anser vara rimligt samt efter allmän konsensus bland skribenter av nyare meta-analyser inom motståndsträning.

Studierna vi har tagit med har mätt ökningen av hypertrofi med ultraljud, "muscle thickness" (MT) och magnetröntgen, "cross sectional area" (CSA). Tidigare studier har jämfört de två för mätning av muskelhypertrofi och har noterat ett liknande samband. Vi har därför valt att likställa MT och CSA i vår studie, då studierna har en stor variation i vilken metod de har använt (85,86).

I studie 4 har deltagarna i studien ökat oproportionerligt mycket jämfört med de andra studierna.

En hypotes till varför deltagarna i exempelvis studie 4 fått markant bättre resultat än deltagare i övriga studier kan vara att de lyckats få med en studiepopulation med så kallade "High-responders". Individer som får mer hypertrofi av en viss intervention, än vad som kan förväntas av den generella befolkningen. Detta är ett fenomen som kan ses i flera studier, bland annat i en studie från 2005 med 585 deltagare, där deltagarnas omkrets på överarmen varierade mellan -2 och +59% (87). Variationen på anpassningar efter motståndsträning är stor, i en annan studie publicerad 2013 mättes skillnader i typ 2 fiber storlek efter en 16-veckors träningsintervention. En deltagares resultat var -4% fiberstorlek, medan en annan ökade 67% (88). I en annan studie från 2016 sågs en variation mellan -1.7-26.1% på biceps brachii tvärsnittsytan efter en 12-veckors träningsintervention (69).

Volym

Gruppen med väldigt hög volym hade lägst ökning av hypertrofi, vilket sedan följs av hög, medel och till slut låg volym med störst ökning. I en meta-analys som gjordes 2017 sågs ett mer linjärt förhållande mellan träningsvolym, där högre volym var mer effektivt för muskelhypertrofi. De olika kategorierna för meta-analysen var <5 set, 5-10 och >10 set vilket skiljer sig från vår uppdelning ≤8, 9-14, 15-20 och ≥20 (24).

I en annan meta-analys på volym för hypertrofi jämfördes ett set mot flera set per övning och slutsatsen drogs att flera set var mer effektivt för hypertrofi än ett set. Det sågs ingen signifikant skillnad mellan 2-3 set och 4-6 set, då det fanns för få studier på ≥ 4 set (89).

En av de större skillnaderna mellan "*Effects of Graded Whey Supplementation During Extreme-Volume Resistance Training*" och tidigare studier på träning med mycket hög volym, är att istället för att gå närmre träning till failure (låg RIR, Reps in Reserve) så har författarna använt sig av en intensitet motsvarande ca 60% av 1RM med 3-5 RIR, vilket skulle motsvara en RPE på 5-7 (90). Istället för hög intensitet och RPE, så har deltagarna genomfört väldigt stora träningsvolym. Deltagarna uppgav att även om de ofta kunde göra några repetitioner till med god teknik, så kände de sig ständigt utmattade (91).

När det kommer till diskussionen om vilken volym och frekvens som är optimalt om målet är att maximera hypertrofi i armbågsflexorerna så är det viktigt att göra skillnad på studier på enbart armbågsflexor hypertrofi. Mike Israetel hypotiserar att på grund av biceps brachii mindre fördelaktiga positionering och korta hävarm, så kan den inte utveckla någon större kraft. Med detta i åtanke så föreslår Israetel följaktligen att en daglig frekvens kan användas, så länge en lägre träningsvolym används per pass, utan att de flesta stöter på problem med återhämtning (92).

I en metaanalys över volym baserad på 9 enskilda studier och 61 träningsgrupper från 2017 så blev slutsatsen att träningsprogram med medel- och hög volym är fördelaktigt för styrkeökningar (93). Detta följer resultaten för majoriteten av metaanalyser över hypertrofi.

Intensitet

En trolig anledning till att vi inte har så många studier på hög intensitet är troligtvis eftersom vi intresserat oss mer specifikt för muskelhypertrofi och inte styrkeökningar (1RM). Det var även få studier på låg intensitet, troligen på grund av att det tar längre tid och är mer ansträngande för deltagare, ifall målet är att gå till failure. För muskelhypertrofi sågs ingen skillnad mellan olika intensiteter, så länge träningen sker nära failure, vilket skiljer sig åt från när målet är styrkeökning (1RM) där hög intensitet var mer effektivt än låg intensitet. Vårt resultat stämmer alltså överens med tidigare gjorda metaanalyser på området. Intensitet har inte så stor inverkan på hypertrofi, så länge träning genomförs till failure eller nära failure (28,71).

Vila mellan set

Lång vila (2 minuter eller längre) visade sig vara mer effektivt för hypertrofi än kort vila (mindre än 2 minuter). Med målet att maximera muskelhypertrofi i armbågsflexorerna anser vi att majoriteten av studierna använt en rimlig setvila för unilaterala övningar. Däremot, hade det säkerligen varit fördelaktigt med en något längre setvila för tyngre flerledsövningar (94).

I en systematisk review från 2017 undersöktes vila mellan set. Gruppen med kort vila, vilade mellan 20- och 60 sek mellan varje set. Gruppen med lång vila, vilade mellan 80- och 240 sek mellan varje set. Resultatet tyder på att lång vila troligen är fördelaktigt, men det krävs fler studier för att kunna dra en säker slutsats (29). Längre vila kan också vara fördelaktigt då det kan tillåta individen nå en högre volym, men fördelen med kort vila kan vara att träningen går fortare. Träningspass som är kortare kan vara mer attraktivt för gemene man, då viljan att lägga ner lång tid på träningspassen inte finns där. Det skiljer sig åt mellan tränade och otränade individer. I en studie gjord på otränade individer sågs ingen skillnad i hypertrofi mellan kort och lång vila (95). I en studie gjord på tränade individer sågs däremot en skillnad mellan kort och lång vila, där lång vila korrelerade med större ökning i hypertrofi (74).

Frekvens

Hög frekvens faller bakom låg frekvens i vår studie. En hypotes kan vara att det beror på överträning av individerna, den högre träningsfrekvensen gör att återhämtningen inte blir tillräcklig. Program med hög frekvens, har ofta också högre volym, vilket i sin tur kan påverka träningsresultatet. Det finns tydlig evidens att träning av en muskelgrupp två gånger per vecka ger bättre muskelhypertrofi än träning en gång per vecka, men bristande på evidens för att träning mer än två gånger per vecka av en muskelgrupp ger bättre muskelhypertrofi, detta gäller när det är likställd volym (96).

I en metaanalys från 2018 sågs inga signifikanta skillnader i styrka mellan låg- och hög frekvens gruppen då volymen likställdes. Högre frekvens tenderar att ge fler fördelar till grupper med yngre deltagare. Sammanfattningsvis yrkar författarna på att det fortfarande krävs ett större underlag för att avgöra om en högre träningsfrekvens i sig själv är fördelaktigt, även med likställd volym. Författarnas hypotes är att den praktiska slutsatsen i dagsläget bör bli att om en högre träningsfrekvens leder till en större träningsvolym så är det fördelaktigt med en högre frekvens (97). I en annan systematisk översiktsartikel från 2018 sågs inte heller någon skillnad på hypertrofi så länge volym likställdes (98).

En annan faktor att ta hänsyn till är volymen per träningspass, det kanske är så att en mindre volym per pass kan leda till att en högre frekvens, och således en högre volym över tid, vilket troligtvis är fördelaktigt om målet med träningen är muskelhypertrofi (99).

Betydelse av tidigare träning

Resultaten från analysen av studierna stämmer överens med vår hypotes. I studierna med otränade individer fick deltagarna mer muskelhypertrofi än i studierna med tränade deltagare, värt att notera är att de tränade hade kortare träningsperioder än de otränade. En otränad individ lägger generellt sett på sig mycket muskler under kort tid, sedan ses en avtagande effekt av träningen. En studie som jämförde muskelhypertrofi för lårmuskulaturen på tränade och otränade individer noterade att de otränade hade en signifikant ökning av CSA, vilket skiljde sig från de tränade individerna (100).

Konklusion

Tidigare meta-analyser på området har undersökt intensitet, frekvens och andra träningsfaktorer, utan att ta hänsyn till specifika muskelgrupper. Vår hypotes är att armbågsflexorer skiljer sig från större muskelgrupper likt exempelvis; knäflexorer. Denna litteraturöversikt kan därför vara intressant för att få en bättre inblick i hur armbågsflexorerna ska tränas, förutsatt att målsättningen primärt är muskelhypertrofi. I denna översikt tyder resultatet på att armbågsflexorerna bör tränas med 8 set eller mindre per vecka, hög intensitet, lång vila och låg frekvens. Emellertid behövs fler studier på området samt användning av statistiska metoder för att kunna möjliggöra en säker slutsats.

Klinisk relevans

Strävan efter en muskulös fysik, eller rentav en ökad muskelmassa är vanlig i dagens samhälle. En fysioterapeut ska inte bara inneha kunskap om hur man maximerar styrka utan även hur man maximerar hypertrofi, för att kunna tillgodose individuella mål med träning, exempelvis vid arbete med en skadad kroppsbyggare som behöver komma tillbaka till tävlingsform så fort som möjligt. Detta kan vara en bra grund för att få en inblick i hur man maximerar hypertrofi för armbågsflexorerna.

Referenser

- (1) Dankel, S.J., Mattocks, K.T., Jessee, M.B. et al. Understanding the Science of Resistance Training: An Evolutionary Perspective. 2017;47.
- (2) Kraemer WJ. THE EVOLUTION OF THE SCIENCE OF RESISTANCE TRAINING: The Early Pioneers of Progress. ACSM's Health & Fitness Journal 2016 Sep.;20(5):10-14.
- (3) Pearson SJ, Hussain SR. A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. Sports Med 2015 Feb.;45(2):187-200.
- (4) Schoenfeld BJ. The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training. Journal of Strength and Conditioning Research 2010 Oct.;24(10):2857-2872.
- (5) Zatsiorsky VM, Kraemer KJ. Science and Practice of Strength Training. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers; 2006.
- (6) Wayne S, Stevens-Lapsley JE, Binder-McLeod SA. Human Skeletal Muscle Fiber Type Classifications. Physical Therapy 2001 Dec.;81(11):1810-1816.
- (7) Staron RS. Human skeletal muscle fiber types: delineation, development, and distribution. Can J Appl Physiol 1997 Aug.;22(4):307-327.
- (8) Fitts RH, Widrick JJ. Muscle mechanics: adaptations with exercise-training. Exerc Sport Sci Rev 1996;24:424-473.
- (9) Yan Z, Okutso M, Akhtar YN, Lira VA. Regulation of exercise-induced fiber type transformation, mitochondrial biogenesis, and angiogenesis in skeletal muscle. Journal of Applied Physiology 2011 Jan.;110(1):264-274.
- (10) Sato H. Fiber Type Transformation in Human Skeletal Muscle. Journal of the Anthropological Society of Nippon 1986;94(1):1-18.
- (11) Van Der Laarse W, Des Tombe AL, LEE-DE GROOT M, Diegenbach PC. Size Principle of Striated Muscle Cells. Netherlands Journal of Zoology 1997 Jan.;48(3):213-223.
- (12) van Wessel T, de Haan A, van der Laarse, W. J., Jaspers RT. The muscle fiber type-fiber size paradox: hypertrophy or oxidative metabolism? Eur J Appl Physiol 2010;110(4):665-694.
- (13) Klein CS, Marsh GD, Petrella RJ, Rice CL. Muscle fiber number in the biceps brachii muscle of young and old men. Muscle Nerve 2003;28(1):62-68.
- (14) MacDougall JD, Sale DG, Alway SE, Sutton JR. Muscle fiber number in biceps brachii in bodybuilders and control subjects. J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol 1984 Nov.;57(5):1399-1403.
- (15) Barton-Davis, Shoturma, Sweeney. Contribution of satellite cells to IGF-I induced hypertrophy of skeletal muscle. Acta Physiologica Scandinavica 1999;167(4):301-305.
- (16) Rosser BW, Dean MS, Bandman E. Myonuclear domain size varies along the lengths of maturing skeletal muscle fibers. Int J Dev Biol 2002 Aug.;46(5):747-754.
- (17) Schwartz LM, Brown C, McLaughlin K, Smith W, Bigelow C. The myonuclear domain is not maintained in skeletal muscle during either atrophy or programmed cell death. American Journal of Physiology-Cell Physiology 2016;311(4):C615.
- (18) Bazgir B, Fathi R, Rezazadeh Valojerdi M, Mozdziak P, Asgari A. Satellite Cells Contribution to Exercise Mediated Muscle Hypertrophy and Repair. Cell journal 2017;18(4):473-484.
- (19) Senn W, Wyler K, Clamann HP, Kleinle J, Lüscher H-, Müller L. Size principle and information theory. Biol Cybern 1997;76(1):11-22.
- (20) Dankel SJ, Mattocks KT, Jessee MB, Buckner SL, Mouser JG, Counts BR, et al. Frequency: The Overlooked Resistance Training Variable for Inducing Muscle Hypertrophy? Sports Medicine 2017;47(5):799-805.
- (21) Goldberg AL, Etlinger JD, Goldspink DF, Jablecki C. Mechanism of work-induced hypertrophy of skeletal muscle. Med Sci Sports 1975;7(3):185-198.

- (22) Gao Y, Arfat Y, Wang H, Goswami N. Muscle Atrophy Induced by Mechanical Unloading: Mechanisms and Potential Countermeasures. *Frontiers in physiology* 2018;9:235.
- (23) Schoenfeld BJ, Ogborn DI, Krieger JW. Effect of Repetition Duration During Resistance Training on Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* 2015;45(4):577-585.
- (24) Schoenfeld B, Ogborn D, Krieger J. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. ; 2016.
- (25) Hackett DA, Johnson NA, Chow C. Training Practices and Ergogenic Aids Used by Male Bodybuilders. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2013;27(6).
- (26) Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2009;41(3).
- (27) Fisher J, Steele J, Bruce-Low S, Smith D. Evidence-Based Resistance Training Recommendations. ; 2011.
- (28) Schoenfeld BJ, Grgic J, Ogborn D, Krieger JW. Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Strength Cond Res* 2017 Dec.;31(12):3508-3523.
- (29) Grgic J, Lazinika B, Mikulic P, Krieger JW, Schoenfeld BJ. The effects of short versus long inter-set rest intervals in resistance training on measures of muscle hypertrophy: A systematic review. *Eur J Sport Sci* 2017 Sep.;17(8):983-993.
- (30) Hayes LD, Bickerstaff GF, Baker JS. INTERACTIONS OF CORTISOL, TESTOSTERONE, AND RESISTANCE TRAINING: INFLUENCE OF CIRCADIAN RHYTHMS. *Chronobiol Int* 2010;27(4):675-705.
- (31) Kūusmaa M, Sedliak M, Häkkinen K. Effects of time-of-day on neuromuscular function in untrained men: Specific responses of high morning performers and high evening performers. *Chronobiol Int* 2015;32(8):1115-1124.
- (32) Chtourou H, Souissi N. The Effect of Training at a Specific Time of Day: A Review. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2012;26(7).
- (33) Gundersen K. Muscle memory and a new cellular model for muscle atrophy and hypertrophy. *J Exp Biol* 2016;219(2):235.
- (34) Egner IM, Bruusgaard JC, Eftestøl E, Gundersen K. A cellular memory mechanism aids overload hypertrophy in muscle long after an episodic exposure to anabolic steroids. *J Physiol (Lond)* 2013;591(24):6221-6230.
- (35) Wernbom M. Ischemisk styrketräning – ett alternativ till tung styrketräning? *Svensk Idrottsforskning* 2010;3:32-35.
- (36) Campbell B, Kreider RB, Ziegenfuss T, La Bounty P, Roberts M, Burke D, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2007;4:8.
- (37) Phillips SM, Van Loon, Luc J. C. Dietary protein for athletes: From requirements to optimum adaptation. *J Sports Sci* 2011;29:S38.
- (38) Helms ER, Zinn C, Rowlands DS, Brown SR. A Systematic Review of Dietary Protein During Caloric Restriction in Resistance Trained Lean Athletes: A Case for Higher Intakes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2014;24(2):127-138.
- (39) Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jäger R, et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2018;15(1):38.
- (40) Antonio J, Peacock CA, Ellerbroek A, Fromhoff B, Silver T. The effects of consuming a high protein diet (4.4 g/kg/d) on body composition in resistance-trained individuals. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2014;11(1):19.

- (41) Schoenfeld BJ, Aragon AA, Krieger JW. The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2013;10(1):53.
- (42) Slater G, Phillips SM. Nutrition guidelines for strength sports: sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. *J Sports Sci* ;29(1):67-77.
- (43) Burd N,A., West DW,D., Moore D,R., Atherton P,J., Staples A,W., Prior T, et al. Enhanced Amino Acid Sensitivity of Myofibrillar Protein Synthesis Persists for up to 24 h after Resistance Exercise in Young Men. *The Journal of Nutrition* 2011;141(4):568-573.
- (44) MacDougall JD, Gibala MJ, Tarnopolsky MA. The time course for elevated muscle protein synthesis following heavy resistance exercise. *Can J Appl Physiol* 1995;20:480-486.
- (45) Bhasin S, Storer TW, Berman N, Callegari C, Clavenger B, Phillips J, et al. The Effects of Supraphysiologic Doses of Testosterone on Muscle Size and Strength in Normal Men. *N Engl J Med* 1996 Jul;335:1-7.
- (46) Bhasin S, Woodhouse L, Casaburi R, Singh AB, Bhasin D, Berman N, et al. Testosterone dose-response relationships in healthy young men. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* 2001;281(6):E1181.
- (47) Yu J, Bonnerud P, Eriksson A, Tegner Y, Malm C. Effects of Long Term Supplementation of Anabolic Androgen Steroids on Human Skeletal Muscle. *PLoS ONE* 2014 Sep;9(9).
- (48) Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training. *Sports Medicine* 2005;35(4):339-361.
- (49) West DWD, Phillips SM. Associations of exercise-induced hormone profiles and gains in strength and hypertrophy in a large cohort after weight training. *Eur J Appl Physiol* 2012;112(7):2693-2702.
- (50) Shaner AA, Vingren JL, Hatfield DL, Budnar RG,Jr, Duplanty AA, Hill DW. The Acute Hormonal Response to Free Weight and Machine Weight Resistance Exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2014;28(4).
- (51) Schoenfeld BJ. Postexercise Hypertrophic Adaptations: A Reexamination of the Hormone Hypothesis and Its Applicability to Resistance Training Program Design. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2013;27(6).
- (52) McKendry J, Pérez-López A, McLeod M, Luo D, Dent JR, Smeuninx B, et al. Short inter-set rest blunts resistance exercise-induced increases in myofibrillar protein synthesis and intracellular signalling in young males. *Exp Physiol* 2016;101(7):866-882.
- (53) West DW, Phillips SM. Anabolic processes in human skeletal muscle: restoring the identities of growth hormone and testosterone. *Phys Sportsmed* 2010 Oct;38(3):97-104.
- (54) West DWD, Burd NA, Staples AW, Phillips SM. Human exercise-mediated skeletal muscle hypertrophy is an intrinsic process. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology* 2010;42(9):1371-1375.
- (55) Tang JE, Perco JG, Moore DR, Wilkinson SB, Phillips SM. Resistance training alters the response of fed state mixed muscle protein synthesis in young men. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 2008;294(1):R178.
- (56) Damas F, Phillips S, Vechin FC, Ugrinowitsch C. A Review of Resistance Training-Induced Changes in Skeletal Muscle Protein Synthesis and Their Contribution to Hypertrophy. *Sports Medicine* 2015;45(6):801-807.
- (57) Ettema G, Styles G, Kippers V. The moment arms of 23 muscle segments of the upper limb with varying elbow and forearm positions: Implications for motor control. *Human Movement Science* 1998 April;17(2):201-220.
- (58) Greenhalgh T, Peacock R. Effectiveness and efficiency of search methods in systematic reviews of complex evidence: audit of primary sources. *BMJ* 2005 Nov 5;331(7524):1064-1065.

- (59) Schoenfeld BJ, Ogborn D, Krieger JW. Effects of Resistance Training Frequency on Measures of Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* 2016 Nov,;46(11):1689-1697.
- (60) Israetel M. TRAINING VOLUME LANDMARKS FOR MUSCLE GROWTH. 2017; .
- (61) Moore DR, Young M, Phillips SM. Similar increases in muscle size and strength in young men after training with maximal shortening or lengthening contractions when matched for total work. *Eur J Appl Physiol* 2012 Apr,;112(4):1587-1592.
- (62) Sampson JA, Groeller H. Is repetition failure critical for the development of muscle hypertrophy and strength? *Scand J Med Sci Sports* 2016 Apr,;26(4):375-383.
- (63) Amirthalingam T, Mavros Y, Wilson GC, Clarke JL, Mitchell L, Hackett DA. Effects of a Modified German Volume Training Program on Muscular Hypertrophy and Strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2017;31(11).
- (64) Lasevicius T, Ugrinowitsch C, Schoenfeld BJ, Roschel H, Tavares LD, De Souza EO, et al. Effects of different intensities of resistance training with equated volume load on muscle strength and hypertrophy. *European Journal of Sport Science* 2018;18(6):772-780.
- (65) Fink J, Kikuchi N, Nakazato K. Effects of rest intervals and training loads on metabolic stress and muscle hypertrophy. *Clin Physiol Funct Imaging* 2018;38(2):261-268.
- (66) Sooneste H, Tanimoto M, Kakigi R, Saga N, Katamoto S. Effects of Training Volume on Strength and Hypertrophy in Young Men. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2013;27(1).
- (67) West DWD, Burd NA, Tang JE, Moore DR, Staples AW, Holwerda AM, et al. Elevations in ostensibly anabolic hormones with resistance exercise enhance neither training-induced muscle hypertrophy nor strength of the elbow flexors. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md.: 1985) 2010;108(1):60-67.
- (68) Buresh R, Berg K, French J. The Effect of Resistive Exercise Rest Interval on Hormonal Response, Strength, and Hypertrophy With Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2009;23(1).
- (69) de Souza, Tácio P., Jr, Fleck SJ, Simão R, Dubas JP, Pereira B, de Brito Pacheco E.M., et al. Comparison Between constant and decreasing rest intervals: influence on maximal strength and hypertrophy. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2010;24(7).
- (70) Ogasawara R, Akimoto T, Umeno T, Sawada S, Hamaoka T, Fujita S. MicroRNA expression profiling in skeletal muscle reveals different regulatory patterns in high and low responders to resistance training. *Physiol Genomics* 2016 Apr,;48(4):320-324.
- (71) Gentil P, Fischer B, Martorelli AS, Lima RM, Bottaro M. Effects of equal-volume resistance training performed one or two times a week in upper body muscle size and strength of untrained young men. *J Sports Med Phys Fitness* 2015 Mar,;55(3):144-149.
- (72) Schoenfeld BJ, Peterson MD, Ogborn D, Contreras B, Sonmez GT. Effects of Low- vs. High-Load Resistance Training on Muscle Strength and Hypertrophy in Well-Trained Men. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2015;29(10).
- (73) Rønnestad BR, Nygaard H, Raastad T. Physiological elevation of endogenous hormones results in superior strength training adaptation. *Eur J Appl Physiol* 2011;111(9):2249-2259.
- (74) Fink J, Kikuchi N, Yoshida S, Terada K, Nakazato K. Impact of high versus low fixed loads and non-linear training loads on muscle hypertrophy, strength and force development. *SpringerPlus* 2016;5(1):698.
- (75) Schoenfeld BJ, Pope ZK, Benik FM, Hester GM, Sellers J, Nooner JL, et al. Longer Interset Rest Periods Enhance Muscle Strength and Hypertrophy in Resistance-Trained Men. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2016;30(7).
- (76) Saric J, Lisica D, Orlic I, Grgic J, Krieger JW, Vuk S, et al. Resistance Training Frequencies of 3 and 6 Times Per Week Produce Similar Muscular Adaptations in Resistance-Trained Men. *J Strength Cond Res* 2018 Oct 22,.

- (77) Zaroni R, Brigatto F, Schoenfeld BJ, Volpi Braz T, Benvenuti JC, Germano MD, et al. High Resistance-Training Frequency Enhances Muscle Thickness in Resistance-Trained Men. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 2018 Jun 27,.
- (78) Brigatto FA, Braz TV, Zanini T, Germano MD, Aoki MS, Schoenfeld BJ, et al. Effect of Resistance Training Frequency on Neuromuscular Performance and Muscle Morphology after Eight Weeks in Trained Men. *J Strength Cond Res* 2018 Mar 6,.
- (79) Pinto RS, Gomes N, Radaelli R, Botton CE, Brown LE, Bottaro M. Effect of range of motion on muscle strength and thickness. *J Strength Cond Res* 2012 Aug.;26(8):2140-2145.
- (80) Schoenfeld BJ, Ratamess NA, Petersson MD, Contreras B, Sonmez GT, Alvar BA. Effects of different volume-equated resistance training loading strategies on muscular adaptations in well-trained men. *J Strength Cond Res* 2014 Oct.;28(10):2909-2918.
- (81) Matta T, Simão R, de Salles BF, Spinetti J, Oliveira LF. Strength training's chronic effects on muscle architecture parameters of different arm sites. *J Strength Cond Res* 2011 Jun.;25(6):1711-1717.
- (82) Simão R, Spinetti J, de Salles BF, Matta T, Fernandes L, Fleck SJ, et al. Comparison between nonlinear and linear periodized resistance training: hypertrophic and strength effects. *J Strength Cond Res* 2012 May.;26(5):1389-1395.
- (83) Spinetti J, de Salles BF, Rhea MR, Lavigne D, Matta T, Miranda F, et al. Influence of exercise order on maximum strength and muscle volume in nonlinear periodized resistance training. *J Strength Cond Res* 2010 Nov.;24(11):2962-2969.
- (84) Poliquin CR. Training Gains That Keep Coming: A Primer on Periodization That Works. Available at: <https://www.strengthsensei.com/individualizing-periodization/>.
- (85) Moritani T, DeVries HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med* 1979 Jun.;58(3):115-130.
- (86) Abe T, Nakatani M, Loenneke JP. Relationship between ultrasound muscle thickness and MRI-measured muscle cross-sectional area in the forearm: a pilot study. *Clin Physiol Funct Imaging* 2018 Jul.;38(4):652-655.
- (87) Franchi MV, Longo S, Mallison J, Quinlan JJ, Taylor T, Greenhaff PL, et al. Muscle thickness correlates to muscle cross-sectional area in the assessment of strength training-induced hypertrophy. *Scand J Med Sci Sports* 2018 Mar.;28(3):846-853.
- (88) Hubal MJ, Gordish-Dressman H, Thompson PD, Price TB, Hoffman EP, Angelopoulos TJ, et al. Variability in muscle size and strength gain after unilateral resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 2005 Jun.;37(6):964-972.
- (89) Mitchell CJ, Churchward-Venne TA, Bellamy L, Parise G, Baker SK, Phillips SM. Muscular and Systemic Correlates of Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy. *PLoS One* 2013 Oct 9.;8(10).
- (90) Krieger JW. Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis. *J Strength Cond Res* 2010 Apr.;24(4):1150-1159.
- (91) Helms ER, Cronin J, Storey A, Zourdos MC. Application of the Repetitions in Reserve-Based Rating of Perceived Exertion Scale for Resistance Training. *Strength Cond J* 2016 Aug.;38(4):42-49.
- (92) Haun CT, Vann CG, Mobley CB, et al. Effects of Graded Whey Supplementation During Extreme-Volume Resistance Training. *Front Nutr* 2018 Sep 11.;5:84.
- (93) Israetel M. BICEP TRAINING TIPS FOR HYPERTROPHY. 2017; Available at: <https://renaissanceperiodization.com/bicep-training-tips-hypertrophy/>.
- (94) Ralston GW, Kilgore L, Wyatt FB, Baker JS. The Effect of Weekly Set Volume on Strength Gain: A Meta-Analysis. *Sports Med* 2017 Dec.;47(12):2585-2601.
- (95) Henselmans M, Schoenfeld BJ. The effect of inter-set rest intervals on resistance exercise-induced muscle hypertrophy. *Sports Med* 2014 Dec.;44(12):1635-1643.

- (96) Fink JE, Schoenfeld BJ, Kikuchi N, Nakazato K. Acute and Long-term Responses to Different Rest Intervals in Low-load Resistance Training. *Int J Sports Med* 2017 Feb,;38(2):118-124.
- (97) Grgic J, Schoenfeld BJ, Davies TB, Lazinica B, Krieger JW, Pedisic Z. Effect of Resistance Training Frequency on Gains in Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* 2018 May,;48(5):1207-1220.
- (98) Grgic J, Schoenfeld BJ, Latella C. Resistance training frequency and skeletal muscle hypertrophy: A review of available evidence. *J Sci Med Sport* 2019 Mar,;22(3):361-370.
- (99) Nuckols G. Training Frequency for Muscle Growth: What the Data Say. 2018; Available at: <https://www.strongerbyscience.com/frequency-muscle/>.
- (100) Ahtiainen JP, Pakarinen A, Alen M, Kraemer WJ, Häkkinen K. Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *Eur J Appl Physiol* 2003 Aug,;89(6):555-563.

Bilaga

1. PEDro scale

-
1. eligibility criteria were specified no yes where:
 2. subjects were randomly allocated to groups (in a crossover study, subjects were randomly allocated an order in which treatments were received) no yes where:
 3. allocation was concealed no yes where:
 4. the groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators no yes where:
 5. there was blinding of all subjects no yes where:
 6. there was blinding of all therapists who administered the therapy no yes
where:
 7. there was blinding of all assessors who measured at least one key outcome no
yes where:
 8. measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups no yes where:
 9. all subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by "intention to treat" no yes where:
 10. the results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome
no yes where:
 11. the study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome
no yes where:
-

The PEDro scale is based on the Delphi list developed by Verhagen and colleagues at the Department of Epidemiology, University of Maastricht (*Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41*). The list is based on "expert consensus" not, for the most part, on empirical data. Two additional items not on the Delphi list (PEDro scale items 8 and 10) have been included in the PEDro scale. As more empirical data comes to hand it may become possible to "weight" scale items so that the PEDro score reflects the importance of individual scale items. The purpose of the PEDro scale is to help the users of the PEDro database rapidly identify which of the known or suspected randomised clinical trials (ie RCTs or CCTs) archived on the PEDro database are likely to be internally valid (criteria 2-9), and could have sufficient statistical information to make their results interpretable (criteria 10-11). An additional

criterion (criterion 1) that relates to the external validity (or “generalisability” or “applicability” of the trial) has been retained so that the Delphi list is complete, but this criterion will not be used to calculate the PEDro score reported on the PEDro web site. The PEDro scale should not be used as a measure of the “validity” of a study’s conclusions. In particular, we caution users of the PEDro scale that studies which show significant treatment effects and which score highly on the PEDro scale do not necessarily provide evidence that the treatment is clinically useful. Additional considerations include whether the treatment effect was big enough to be clinically worthwhile, whether the positive effects of the treatment outweigh its negative effects, and the cost-effectiveness of the treatment. The scale should not be used to compare the "quality" of trials performed in different areas of therapy, primarily because it is not possible to satisfy all scale items in some areas of physiotherapy practice.

Last amended June 21st, 1999