



# Ischemisk styrketräning

## – ett alternativ till tung styrketräning?

Under det senaste årtiondet har en ny typ av styrketräning introducerats, ischemisk styrketräning eller ocklusionsträning. Den är intressant både i ett grundforsknings- och rehabiliteringsperspektiv. Betydligt lägre belastningar kan användas än vid konventionell styrketräning, men ändå med god träningseffekt. Men samtidigt är det en kontroversiell träningsform ur säkerhetssynpunkt. I den här artikeln vill vi ge en uppdatering av kunskapsläget för denna typ av träning.



**MATHIAS WERNBOM**

AVDELNINGEN FÖR ORTOPEDI,  
GÖTEBORGS UNIVERSITET

SEKSJON FOR FYSISK  
PRESTASJONSEVNE, NORGES  
IDRETTSHØGSKOLE, OSLO

**STYRKETRÄNING** har i dag en given plats i träning för idrott, i rehabilitering efter akuta skador och sjukdomar av olika slag, och i träning som sker i preventivt syfte för att motverka uppkomsten av diverse åkommor. I allt högre grad ingår styrketräning även som en del i behandlingen för att motverka negativa effekter av kroniska skador och sjukdomar. Det är dock långt ifrån alltid möjligt att träna med de stora belastningar som konventionell styrketräning innebär, och ibland finns också skäl till att inte göra det, till exempel med hänsyn till leder och ligament.

### Ischemisk styrketräning

Under de senaste 10-12 åren har en ny typ av styrketräning introducerats, ischemisk styrketräning eller ocklusionsträning. Vid denna typ av träning arbetar muskulaturen under otillräckligt blodflöde (ischemi), vilket i sin tur bland annat leder till en tillfällig syrebrist (hypoxi) i de berörda vävnaderna. Kortvariga episoder av hypoxi förekommer relativt ofta i muskler även under fysiologiska betingelser, inte minst under hård träning, men förutsatt att ischemin eller hypoxin

inte är för långvarig sker fysiologiska anpassningar så att musklerna tål denna sorts stress bättre. I den mest renodlade formen av ischemisk träning appliceras en tryckmanschett omkring armen eller benet för att minska blodflödet, men det finns även andra modeller, till exempel en tryckkammare där benet som skall tränas utsätts för ett högre atmosfäriskt tryck än resten av kroppen.

Den japanske sjukgymnasten Yoshiaki Sato började redan i slutet av 1960-talet att experimentera med styrketräning med tryckmanschett, först på sig själv och sedan på klienter. Han kallade denna typ av träning för "Kaatsu training" (ka atsu är två japanska ord som grovt kan översättas till "applicerat tryck"). I litteraturen förekommer ytterligare några benämningar som till exempel "blood flow restricted exercise" och "occlusion training", och den förstnämnda termen har antagits av the American College of Sports Medicine (ACSM).

Vid konventionell tung styrketräning används som regel belastningar på cirka 70-85% av 1 RM eller ännu högre (1RM = one repetition maximum, den största vikt som kan lyftas bara en gång). Vid ischemisk styrketräning

används ofta en väsentligt lägre vikt (~20-50% av 1 RM), men trots de låga belastningarna ger styrketräning med restriktion av blodflödet markanta effekter på både styrka och muskelvolym.

### Fysiologi

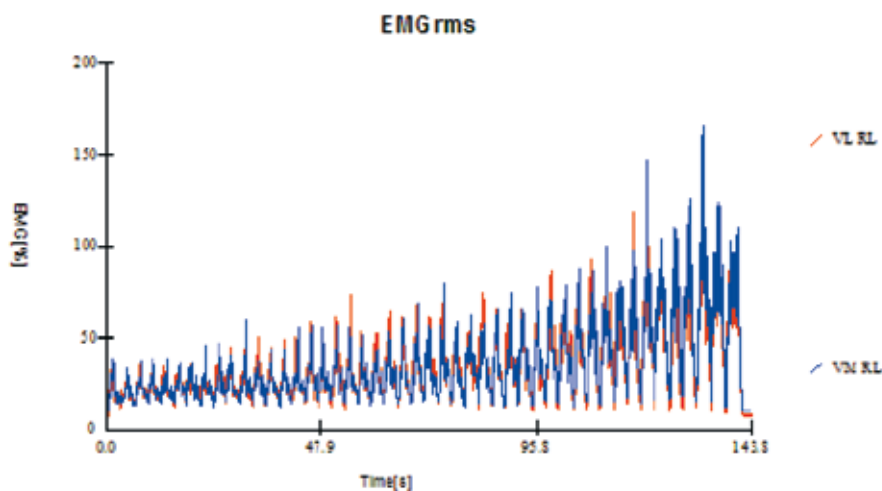
Vid träning med restriktion av blodflödet får muskeln inte tillräckligt med syre ens vid låga belastningar, vilket medför att de annars mycket uthålliga typ I-muskelfibrerna snabbt tröttnar. För att arbetet ska kunna fortsätta tvingas då centrala nervsystemet successivt att koppla in allt fler motoriska enheter med typ II-muskelfibrer, vilka normalt rekryteras främst vid stor belastning. Höga nivåer av muskelaktivering nås efterhand i den koncentriska fasen (den del av rörelsen där vikten lyfts), se figur 1. Mot slutet av varje set ses en relativt hög aktivering även under den excentriska fasen (den del av rörelsen där vikten sänks tillbaka under kontroll), vilket möjligen kan bidra till träningsvaret. Genom rekrytering utsätts såväl typ I- som typ II-muskelfibrer för mekaniska stimuli.

I princip all fysisk träning ger akuta effekter lokalt i de arbetande muskelgrupperna, såsom bildning av fria radikaler, kväveoxid och prostaglandiner, samt frisättning och nybildning av tillväxtfaktorer. Flera av dessa ämnen ökar vid muskelarbete under ischemiska förhållanden. Lokala effekter i kombination med en stor ansträngningsgrad ger i sin tur upphov till en hormonell respons, framför allt av tillväxthormon, noradrenalin och adrenalin, och denna kan vara ännu kraftigare vid styrketräning med restriktion av blodflödet än vid konventionell styrketräning. Det är också möjligt att den akuta muskelsvullnad som uppstår under träning med ocklusion kan minska nedbrytningen av muskelproteiner. Både hormonella och lokala faktorer kan samverka med och ibland förstärka effekterna av mekanisk spänning och därmed bidra till en ökad styrka och muskeltillväxt vid träning med restriktion av blodflödet jämfört med samma träning utan restriktion.

Det verkar som att ischemisk styrketräning aktiverar till stor del samma signalvägar för proteinsyntes och muskeltillväxt som konventionell styrketräning, samt att det också kan ske en minskning av mRNA som kodar för flera transkriptionsfaktorer och enzymer (Atrogin-1, MuRF-1 och FOXO3A) som är involverade i nedbrytningen av muskelproteiner.



Träning med partiell ocklusion, unilateral knäextension. Restriktion av blodflödet sker med hjälp av tryckmanschett som är kopplad till ett tourniquet-system med automatisk reglering av trycket. Foto: Jesper Augustsson. Modell: Camille Neeter, leg sjukgymnast, Med Dr.



Figur 1. Exempel på muskelaktivering (EMG) vid styrketräning med partiell ocklusion, unilateral knäextension på ~25% av 1RM till uttröttning (47 repetitioner) med höger ben. Tempo: 1,5 sekunder för den koncentriska fasen och 1,5 sekunder för den excentriska fasen. EMG normaliserades till en maximal isometrisk muskelaktion (= 100 %) vid 70 graders knävinkel (0 grader = sträckt knä). VL = vastus lateralis, VM = vastus medialis. Försöksperson: MW.

### Dosering av ischemisk träning

Styrketräning med restriktion av blodflödet på 20-50 % av 1 RM och en frekvens på 2-3 pass per vecka leder till en takt på muskeltillväxten som är i nivå med den som kan förväntas med tung styrketräning med samma träningsfrekvens; mellan 0.04-0.22 % ökning i muskelns tvärsnittsarea per kalenderdag, eller 0.3-1.4 % per vecka.

Några studier har till och med visat på en klart större ökningstakt, ~0.55 % per dag, alltså runt 4-5 gånger så snabb muskeltillväxt som efter ett genomsnittligt styrketräningsprogram. Dessa studier har dock haft en extremt hög träningsfrekvens (två pass per dag, sex dagar per vecka) och dessutom varit kortvariga. Det är därför oklart om vare sig träningsfrekvensen eller



den mycket snabba ökningstakten kan bibehållas under en längre tid.

Det är också oklart i dessa studier i vilken grad som försökspersonerna har ansträngt sig. På de mycket låga belastningar som det är fråga om (~20 % av 1RM) kan försökspersonen även med restriktion av blodflödet utföra ett stort antal repetitioner om träningen fortgår till dess att individen inte längre klarar att lyfta vikten (se till exempel figur 1). Eftersom standardiserade protokoll med ett konstant antal repetitioner utförts är det troligt att träningen inte skett till uttröttnings och kanske behövs inte heller detta tack vare den extremt höga träningsfrekvensen (tolv pass per vecka). När en mer normal träningsfrekvens (2-3 pass per vecka) använts med framgång har dock individerna tränat till eller nära uttröttnings i varje set.

Det finns även en studie där gångträning kombinerats med restriktion av blodflödet, med goda resultat på styrka och muskelvolym och även här har träningen varit tolv pass per vecka. Detta understödjer att träning med restriktion av blodflödet inte nödvändigtvis måste vara maximalt ansträngande om träningen sker mycket ofta. Här är det dock intressant att i en senare studie där träningsfrekvensen reducerades till "bara" sex pass per vecka (ett pass per dag) var ökningarna i styrka och muskelvolym betydligt lägre jämfört med i den tidigare studien.

I flertalet studier har partiell ocklusion av blodflödet använts, det vill säga blodflödet har strypts delvis men inte helt. Storleksordningen på denna restriktion har varit ~70 % reduktion av blodflöde i artärerna jämfört med fri cirkulation. Manschetter har varit på i 5-10 minuter och den partiella restriktionen har bibehållits även under vilopauserna mellan varje set. Antalet set har som regel varit mellan 3-5 och vilopausernas längd mellan varje set varit 30-60 sekunder.

### Möjliga användningsområden

Ocklusionsträning är en potentiellt intressant metod vid rehabilitering efter skada och ett exempel är rekonstruktion av främre korsbandet (ACL). Ohta och medarbetare visade att när funktionella övningar som grunda knäböj och step-up kombinerades med restriktion av blodflödet via tryckmanschetter gav träningsprogrammet bättre återhämtning av muskelstyrka och tvärsnittsarea för lårmuskulaturen hos ACL-opererade än om träningen bedrevs utan restriktion. I denna studie utfördes

träningen sex gånger per vecka i 16 veckor.

I en annan studie användes enbart upprepad ocklusion, två gånger dagligen utan samtidig träning, och här visades att muskelatrofin i quadriceps två veckor efter operation av främre korsbandet reducerades till ~10 % vilket kan jämföras med en förlust på 20 % i tvärsnittsarean i den grupp som inte fick ocklusion. Detta indikerar att kortvarig restriktion av blodflödet med hjälp av tryckmanschetter i sig självt kan ha effekter på skelettmuskulatur och motverka muskelnedbrytning.

Ocklusionsträning har också visats fungera väl på friska, inklusive vältränade atleter som redan är vana vid tung styrketräning. Även muskeluthålligheten ökar samtidigt som den maximala styrkan gör det, och detta kan möjligen bero på ökad bildning av kapillärer. Ett akut träningspass med ocklusionsträning ger en ökad produktion av VEGF, en tillväxtfaktor för nybildning av blodkärl, och en träningsperiod på fyra veckor gav en ökning i mikrovaskulär filtrationskapacitet, ett mått på hur väl muskelfibrerna är försörjda av kapillärer. Kapillärtätheten per kvadratmillimeter av muskelfiberareal har visats överensstämma mycket väl med styrkeuthållighet (antal klarade repetitioner på 70 % av 1RM) i övningen benpress. Intressant nog överensstämde inte fibertypsfördelningen signifikant till uthållighet i benpress i denna studie.

Ocklusionsträning skulle genom effekter på både muskelmassa och bildning av kapillärer kunna vara ett sätt att öka uthålligheten utan att påverka den maximala muskelstyrkan negativt, vilket annars ofta är fallet med uthållighetsträning på individer som är mycket vältränade ur styrketränings-synpunkt. En kombination av uthållighet och hög maximal styrka torde vara gynnsam för flera olika idrotter. I till exempel ett störtlopp eller ett super-G-åk ställs stora krav inte bara på maximal styrka, åkaren måste också kunna bibehålla en hög styrkenivå så länge som möjligt i loppet för att orka hålla den bästa åklinjen. Här kan man tänka sig att ocklusionsträning skulle kunna vara ett komplement till konventionell tung styrketräning.

Det är av uppenbara skäl svårt att träna med tryckmanschetter på andra muskelgrupper än de som sitter på armen eller benet. Intressant nog verkar dock ocklusionsträning med flerledsövningar som bänkpress och benpress (där tryckmanschetter app-

liceras runt armarna eller låren) ge en markant ökning i muskelaktivering även i de muskelgrupper som hjälper armarna eller benen att utföra arbetet. Lågbelastad ocklusionsträning (20-30 % av 1RM) med flerledsövningar kan sålunda ge muskeltillväxt inte bara i extremitetsmuskulatur som quadriceps, hamstrings och triceps brachii, utan också i gluteus maximus och pectoralis major. Förutom en kompensatoriskt hög muskelaktivering kan även en hormonell respons tänkas bidra till denna tränings effekt.

Ocklusionsträning på ~20% av 1RM ger dock av allt att döma inte en ökad maximal muskelaktivering som vid tung styrketräning och styrkan per tvärsnittsarea ökar därför inte nämnvärt. Styrkeökningar till följd av lågbelastad ischemisk styrketräning kan därmed till största delen tillskrivas muskeltillväxt. Möjligen kan dock ocklusionsträning med något högre belastningar (till exempel 40-50% av 1RM) ge anpassningar i nervsystemet som leder till ökad muskelaktivering.

För närvarande pågår studier runt om i världen, inklusive Skandinavien, där tränings effekter av ischemisk styrketräning studeras på olika populationer, både yngre och äldre såväl som friska och ortopedpatienter, till exempel korsbandsopererade.

### Säkerhetsaspekter

Det är oklart om det finns några negativa effekter på lång sikt vid träning med tryckmanschetter men en viss risk för påverkan på muskler, nerver och blodkärl kan inte uteslutas. En möjlig risk som ofta påtalas är djup blodpropp i venerna (ventrombos), men i en enkätstudie från Japan rapporterades förekomsten vara mycket låg, ca 1 på 1800 personer som tränat med denna typ av träning, vilket är lägre än förekomsten i asiatiska populationer generellt. Befintliga vetenskapliga studier har inte heller kunnat visa på några negativa effekter på nervfunktion eller markörer för bildning av blodpropp. Beträffande funktion hos blodkärl finns dock nyligen publicerade studier som rapporterat både positiva och negativa effekter.

Credeur et al (2010) fann en minskad hyperemisk kärlutvidgning (ett test av blodkärllets funktion) i brachialisartären i ena armen efter en träningsperiod med handgreppsträning i kombination med partiell ocklusion. Detta tolkades som en försämring i blodkärllets funktion. I den andra armen, som tränades utan tryckmanschetter, sågs istället en ökad hyperemisk kärlutvidgning efter träningsperioden. I en annan studie visades





tvärtom ett ökat hyperemiskt blodflöde i vaden efter en period med ocklusions-träning (vadpress med ett ben) och här var ökningen i lokalt blodflöde större för det ben som tränats med restriktion av blodflödet jämfört med det ben som genomfört träningen med fri cirkulation.

Förutom att muskelgrupperna skiljde sig åt var även träningsprotokollen olika utformade, inte minst beträffande träningstid. I Patterson & Ferguson (2010) varade träningen med ocklusion i 5-8 minuter, medan i Credeur et al (2010) pågick träningen i 20 minuter. Som redan nämnts har den partiella ocklusionen i flertalet studier varat mellan 5 och 10 minuter. En rimlig preliminär slutsats av detta är att vid träning med tryckmanschett bör manschetten ej vara på mer än tio minuter åt gången för den arm eller det ben som skall tränas.

Ytterligare en aspekt rör direkta effekter på muskulaturen. Ischemi är en välkänd faktor bakom rhabdomyolys, som innebär en kraftig muskelnedbrytning, ofta på grund av trauma eller mycket hård träning, med läckage av kreatin kinas (CK) och myoglobin från de skadade muskelfibrerna till cirkulationen. Det har dock noterats att ocklusionsträning på 20 % av 1RM inte leder till några nämnvärda förhöjningar av myoglobin och CK och enligt en enkätstudie har bara ett enda fall av rhabdomyolys rapporterats. Nyligen publicerades emellertid en fallstudie där ett akut pass med ocklusionsträning resulterade i CK-värden på drygt 13 000 U/L hos en individ, vilket är över gränsvärdet för diagnosen rhabdomyolys (10 000 U/L).

Vi har observerat att ett första-gångspass med ocklusionsträning till uttröttningsgrad kan resultera i kraftig träningsvärk och en något nedsatt muskelfunktion, som varar i några dagar men i enstaka fall i upp till ett par veckor. De till synes motstridiga resultaten beträffande tecken på skador på muskelfibrer kan delvis bero på hur hårt som försökspersonerna har pressat sig i träningen. Ocklusionsträning till uttröttningsgrad innebär en närmast brännande mjölktsyresmärta och det är då mycket frestande att avbryta setet långt innan man hunnit nå en hög muskelrekrytering och en hög grad av ischemi. Därtill har vissa individer större risk än andra för att råka ut för kraftig muskelcellnedbrytning, på grund av genetiska faktorer och/eller låg träningsstatus. Detta är visat för excentrisk träning och det kan tänkas gälla

också för ischemisk styrketräning.

Vår uppfattning är därför att man bör introducera denna typ av träning försiktigt och gradvis öka ansträngningsgraden (skattad med till exempel Borgs RPE eller CR-10 skalor) och volymen (antalet set och repetitioner) under de första 2-3 tillfällena innan man når önskad nivå på träningen. Med ökad vana minskar träningsvärken snabbt, och i viss mån även mjölktsyresmärta under träning, vilket indikerar en så kallad "repeated bout effekt". Detta är en intressant likhet med excentrisk träning, som är känt för att framkalla både träningsvärk och tecken på muskelfiberskador och/eller remodelering, men i förlängningen också muskelhypertrofi. Mot denna bakgrund studerar vi för närvarande akuta effekter av ischemisk styrketräning på muskelfunktion och muskelfibrernas struktur, samt på signalering för muskeltillväxt.

**Sammanfattningsvis** pekar befintlig evidens på att styrketräning med restriktion av blodflödet är en relativt säker träningsform, men det behövs otvivelaktigt mer forskning, inte minst för att fastslå om träning med tryckmanschett kan användas på ett säkert sätt i olika populationer. Ett möjligt alternativ är att utnyttja och genom olika knep förstärka den ischemi och tillfälliga svullnad som uppkommer naturligt i muskler vid styrketräning på grund av det ökade intramuskulära trycket vid muskelarbete.

#### För kontakt:

mathias.wernbom@gmail.com

#### Referenser

- Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, Kearns CF, Inoue K, Koizumi K, Ishii N. Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily kaatsu resistance training. *Int J Kaatsu Training Res* 2005a; 1: 7-14.
- Abe T, Kawamoto K, Yasuda T, Kearns CF, Midorikawa T, Sato Y. Eight days Kaatsu resistance training improved sprint but not jump performance in collegiate male track and field athletes. *Int J Kaatsu Training Res* 2005b; 1: 23-28.
- Abe T, Kearns CF, Sato Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *J Appl Physiol* 2006; 100: 1460-1466.
- Abe T, Kearns CF, Fujita S, Sakamaki M, Sato Y, Brechue WF. Skeletal muscle size and strength are increased following walk training with restricted leg muscle blood flow: implications for training duration and frequency *Int J Kaatsu Training Res* 2009; 5: 9-15.
- Clark BC, Manini TM, Hoffman RL, Williams

PS, Guiler MK, Knutson MJ, McGlynn ML, Kushnick MR. Relative safety of 4 weeks of blood flow-restricted resistance exercise in young, healthy adults. *Scand J Med Sci Sports*. 2010 Mar 11. [Epub ahead of print]

Credeur DP, Hollis BC, Welsh MA. Effects of handgrip training with venous restriction on brachial artery vasodilation. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42: 1296-302.

Eiken O, Sundberg CJ, Esbjörnsson M, Nygren A, Kaijser L. Effects of ischaemic training on force development and fibre-type composition in human skeletal muscle. *Clin Physiol* 1991; 11: 41-49.

Evans C, Vance S, Brown M. Short-term resistance training with blood flow restriction enhances microvascular filtration capacity of human calf muscles. *J Sports Sci* 2010; 28: 999-1007.

Fry CS, Glynn EL, Drummond MJ, Timmerman KL, Fujita S, Abe T, Dhanani S, Volpi E, Rasmussen BB. Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. *J Appl Physiol* 2010; 108: 1199-209.

Fujita S, Abe T, Drummond MJ, Cadenas JG, Dreyer HC, Sato Y, Volpi E, Rasmussen BB. Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. *J Appl Physiol* 2007; 103: 903-910.

Fujita T, Brechue WF, Kurita K, Sato Y, Abe T. Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow. *Int J Kaatsu Training Res* 4; 1-8, 2008.

Iversen E, Røstad V. Low-load ischemic exercise-induced rhabdomyolysis. *Clin J Sport Med*. 2010; 20(3): 218-9.

Kubo K, Komuro T, Ishiguro N, Sato Y, Ishii N, Kanehisa H, Fukunaga T. Effects of low-load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon. *J Appl Biomech* 2006; 22: 112-119.

Madarame H, Neya M, Ochi E, Nakazato K, Sato Y, Ishii N. Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. *Med Sci Sports Exerc* 2008; 40: 258-263.

Madarame H, Kurano M, Takano H, Iida H, Sato Y, Ohshima H, Abe T, Ishii N, Morita T, Nakajima T. Effects of low-intensity resistance exercise with blood flow restriction on coagulation system in healthy subjects. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2010; 30: 210-3.

Fullständig referenslista kan rekvideras från författaren: mathias.wernbom@gmail.com