

Aktuellt om muskelträning:

# Träning av uthållighet och styrka ger kompletterande effekter

**En allsidig träning för gemene man bör innefatta såväl styrke- som uthållighetsträning. Styrketräningen förebygger skador och ger förutsättningar för en effektiv uthållighetsträning. Båda ökar kaloriförbrukningen – uthållighetsträningen under arbetet, styrketräningen främst i basaltillståndet via större muskelmassa.**

**Uthållighetsträning leder till en metabolisk omställning i skelettmuskulaturen med bl a ett ökat antal mitokondrier och en förbättrad kapillarisering. Detta leder till ökad fettanvändning under muskelarbete och bättre muskeluthållighet.**

**Effekterna av styrketräningen är resultatet av hypertrofi av individuella motoriska enheter, främst snabba muskelfibrer, men också av neurala effekter som påverkar rekrytering och frekvensmodulering av motoriska enheter samt koordination.**

Det är naturligt att dela upp muskelträning i uthållighets- och styrketräning. Där styrketräning normalt innebär några få upp till 30–40 repetitioner av varje rörelse omfattar en halvtimmes uthållighetspass 1 000-tals repetitioner av rörelsen. Uthållighetsträning leder

## Författare

JAN HENRIKSSON

leg läkare, professor, Karolinska institutet, institutionen för fysiologi och farmakologi, Stockholm; adjungerad lärare vid Idrottshögskolan, Stockholm.

E-post: Jan.Henriksson@fyfa.ki.se

PER TESCH

docent, Karolinska institutet, institutionen för medicinsk laboratorievetenskap och teknik, Huddinge sjukhus.

därför ofta, till skillnad från styrketräning, till en betydande ökning av den dagliga kaloriförbrukningen och ställer betydligt större krav på hjärta och syretransporterande organ. Många av de träningsförändringar man ser i muskulaturen vid uthållighetsträning är ett resultat av den kraftigt ökade ämnesomsättningen.

Samtidigt finns många likheter mellan muskeleffekterna av uthållighets- och styrketräning. En är den lokala effekten, dvs att träningseffekterna är begränsade till de muskelgrupper som utsatts för träningen, andra likheter gäller effekter på många metabola och hormonella system, t ex ökningen av skelettmuskulaturens insulinkänslighet.

Många av skillnaderna mellan effekterna av de två träningsformerna är grad- snarare än artskillnader. Därför blir likheterna desto mer uttalade ju större uthållighetsmoment som styrketräningen innehåller. Som exempel på styrketräning med stort uthållighetsmoment kan nämnas en kroppsbyggares träningspass (se nedan), som ofta innefattar flera hundra rörelserepetitioner per muskelgrupp.

## Allsidig träning att föredra

Det är idag allmänt accepterat att en allsidig träning för gemene man bör innefatta såväl styrke- som uthållighetsträning. Träningsmodellerna kompletterar varandra, förbättrad styrka förebygger skador och möjliggör en effektiv uthållighetsträning. Medan uthållighetsträningen medför hög kaloriförbrukning under arbetet, kan styrketräningen via en större muskelmassa leda till högre kaloriförbrukning i basaltillståndet (högre basalmetabolism).

## UTHÅLLIGHETSTRÄNING

Uthållighetsträning kännetecknas av att endast en begränsad andel av muskelns maximala spänning utvecklas, men att antalet upprepade kontraktioner är många. Uthållighetsträning av låg intensitet kan öka kaloriförbrukningen i betydande utsträckning utan att ställa stora krav på hjärta och syretransporterande organ. Uthållighetsträning av högre intensitet kan med

## SERIE Människan i rörelse

Gästredaktör: professor Jan Henriksson, ordförande i Svensk idrottsmedicinsk förening.

Tidigare artiklar är publicerade i nr 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48 och 50/98.

även ganska korta arbetspass innebära en stor ökning av den dagliga kaloriförbrukningen samtidigt som den ställer stora krav på hjärta och syretransporterande organ.

## Fysiologiska effekter

Det mest slående när det gäller effekter på skelettmuskulaturen av uthållighetsträning är den fantastiska anpassbarheten. Man kan utan överdrift säga att skelettmuskeln förmår utveckla de uthållighetsegenskaper som krävs för att motsvara de flesta funktionskrav. Detta gäller till och med om kravet är kontinuerlig aktivitet, dygnet runt, vecka efter vecka.

Det senare har visats i undersökningar på kanin, där en fingertoppsstor stimulator under anestesi inplanterats under huden. Stimulatorens aktivitet utifrån och, utan att synbarligen påverka djuret, utsätta en muskel (vanligen tibialis anterior) för kronisk aktivitet. En sådan genomgripande ökning av den normala aktivitetsgraden ger drastiska strukturella och biokemiska förändringar av muskelcellen kombinerat med att muskeln utvecklar en mycket stor uthållighet [1, 2].

Förändringarna innefattar bl a en komplett fibertypsomvandling – från mer än 90 procent snabba (fast-twitch) fibrer i normaltillståndet till 100 pro-

cent långsamma (slow-twitch) fibrer efter 5–6 veckors stimulering.

De strukturer som är nödvändiga för att generera snabba muskelkontraktioner nedregleras, t ex utbredningen av det sarkoplasmatiske retiklet och halten enzymer i glykogenspjälkningen. Samtidigt som dessa strukturer minskar till en bråkdel av utgångsvärdet sker en kraftig uppreglering av de egenskaper som är kopplade till muskelns uthållighet.

Exempel är utbredningen av mitokondrier, vilka flerfaldigt ökar sin volymandel av muskelcellen, och halten mitokondriella enzymer (fettförbrännings- och citronsyracykelens enzymer), vilka ökar nästan tiofaldigt. En kraftig ökning sker också i muskelns kapillarisering.

En intressant information från dessa undersökningar är att de olika biokemiska och strukturella förändringar som kronisk stimulering ger upphov till följer ett mönster som kan uttryckas som »först in – sist ut». Det innebär att ju tidigare en förändring sker till följd av den kroniska aktiviteten, desto senare kommer denna förändring att återgå till ursprungsnivån om stimuleringen upphör [3].

Vi tror att detta är en generell regel som styr muskelns anpassning till träning och som sannolikt förklaras av att det finns ett tröskelvärde i aktivitetsnivå som måste överskridas för att en viss muskelförändring skall komma till stånd och bibehållas.

### Effekter på kort och lång sikt

Nu leder förstås inte uthållighetsträning på motions- eller elitnivå till lika genomgripande förändringar som kronisk muskelstimulering. De fysiologis-

ka undersökningar där man studerat hur muskulaturen förändras till följd av uthållighetsträning har vanligen byggt på ergometercyklning eller löpning av en intensitet motsvarande 70–80 procent av den maximala syreupptagningsförmågan, utförd 30–60 minuter om dagen, 3–5 gånger i veckan. En till två månader av sådan träning leder regelmässigt till ökad mitokondrievolym och ökat antal mitokondriella enzymer samt till förbättrad kapillarisering.

Ökningar av dessa variabler på 40–50 procent är normalt i tidigare otränad muskulatur, med de största förändringarna under de tre första veckorna. Däremot sker på så kort tid vanligen inga ändringar av halten enzymer i glykogenspjälkningen eller i muskelns fiberuppsättning.

På längre sikt ger träningen mera genomgripande förändringar. Detta åskådliggörs t ex vid jämförelse av otränad muskulatur med muskulaturen hos elitidrottare i uthållighetsgrenar. En sådan jämförelse visar ungefär 3–4 gånger högre halt mitokondrieenzymer och en 2–3 gånger ökad kapillariseringsgrad i den tränade muskulaturen parallellt med att halten glykogenspjälkningsenzymer kan vara sänkt till hälften.

Att det också skett en betydande fibertypsvandring i den tränade muskulaturen visas av att fördelningen mellan långsamma och snabba fibrer ligger i intervallet 80 procent/20 procent–100 procent/0 procent medan normalvärdet är 45 procent långsamma/55 procent snabba fibrer [4].

De biokemiska och strukturella förändringarna i skelettmuskulaturen till

**Figur 1.** Muskulaturens ämnesomsättning, och därmed dess uthållighet, kan anpassas mycket snabbt till uthållighetsträning [6]. Åtta tidigare otränade män tränade två timmar om dagen under tre på varandra följande dagar, sammanlagt sex timmars träning. Före och efter träningsperioden utförde försökspersonerna ett submaximalt arbetstest på en standardbelastning. Trots att arbetstiden var nästan 40 procent längre efter träningen var förbrukningen av muskelglykogen betydligt mindre (176 mmol/kg efter träningen jämfört med 238 mmol/kg före). Samtidigt bildades avsevärt mindre mjölksyra i muskeln efter träningen. Kontrollgruppen uppvisade ingen förändring i arbetstid (96 minuter före och 99 minuter efter). Resultaten talar för att det i muskeln finns en snabbt träningsbar mekanism som strävar efter att spara på muskelglykogenet under långvarigt arbete.

följd av uthållighetsträning leder till att ett givet arbete »stör» muskelns jämvikt i mindre grad. Bland annat blir nedbrytningen av adenosintrifosfat (ATP) mindre, vilket i sin tur leder till mindre stimulering av glykogenspjälkningen och därmed till sparande av muskelns begränsade glykogendepåer och till minskad bildning av mjölksyra.

### Glykogendepåerna sparas

En ökad fettanvändning i den tränade muskeln bidrar också till att spara på muskelns glykogendepåer under arbete. Det finns dessutom tecken på att den mindre ATP-nedbrytningen i muskelcellen under arbete, via en mindre ökning av halten oorganiskt fosfat, skulle minska kraftnedgången och därmed minska muskelns energibehov vid långvarigt arbete.

Kraftnedgången kan sannolikt också

minskas genom ökning av Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-pumpaktiviteten, vilket leder till ett snabbare återupptag av det intracellulära K<sup>+</sup> som läcker ut ur muskelcellen i samband med kontraktion, och därmed till bibehållen kontraktilitet [5].

### Ämnesomsättningen ställs om snabbt

En kanadensisk undersökning har visat att omställningen av muskulaturens ämnesomsättning till följd av träning kan gå snabbt [6]. Åtta tidigare otränade män tränade 2 timmar om dagen under 3 på varandra följande dagar, dvs sammanlagt 6 timmars träning. Träningsintensiteten motsvarade 65 procent av deras maximala syreupptagningsförmåga, och träningen skedde på ergometercykel (Figur 1).

Före och efter träningsperioden utförde försökspersonerna ett submaximalt arbetstest. Före träningen klarade de av att arbeta 103 minuter på testbelastningen, medan de efter de 6 timmarnas träning klarade hela 143 minuter. Kontrollgruppen uppvisade ingen förbättring (96 minuter vid första respektive 99 minuter vid andra testfallet).

Författarna visar att träningen ledde till att försökspersonerna bättre kunde hushålla med sina depåer av muskelglykogen. Före träningen minskade muskelglykogenhalten under testarbetet från 317±17 (medel±SE) till 79±32 mmol glukosenheter/kg torrsvikt, medan motsvarande minskning efter träningen var från 360±18 till 184±22 mmol/kg. Trots att arbetstiden således var nästan 40 procent längre efter träningen var förbrukningen av muskelglykogen betydligt mindre (176 mmol/kg efter jämfört med 238 mmol/kg före träningen).

Samtidigt sågs efter träningen minskade mjölksyranivåer i muskeln. Undersökningen visar att muskulaturens ämnesomsättning, och därmed dess uthållighet, kan anpassas mycket snabbt till uthållighetsträning. Resultaten talar för att det i muskeln finns en snabbt anpassbar mekanism som strävar efter att spara på muskelglykogenet under långvarigt arbete.

Det är sannolikt att en ökad halt mitokondriella enzymer tjänar detta syfte, men snabbheten i insättandet av träningsglykogensparande effekt gör det troligt att även andra mekanismer finns för att ställa in skelettmuskulaturens arbetsämnesomsättning på sparläge redan efter en kort träningsperiod.

### STYRKETRÄNING

Från att tidigare ha förknippats med tävlingsinriktad tyngd- och styrkelyftning eller kroppsbyggnad har styrke-



**Figur 2.** De två typerna av muskelaktion. **A:** koncentrisk muskelaktion. Muskel-sammandragningen leder till muskelförkortning och vikten lyfts. **B:** excentrisk muskelaktion. Muskeln dras samman, men förkortas ej utan förlängs genom att hålla emot en vikt som sänks. Muskelproteinernas inbördes sammansättning är sådan att den högsta muskelspänningen uppnås vid den excentriska kontraktionen. Detta är grunden till att excentrisk träning blivit intressant i tränings-sammanhang.

träning vunnit erkännande som en etablerad motionsform. Idag bedrivs sådan träning också i stor omfattning förebyggande och vid rehabilitering av ortopediska skador.

Styrketräning kännetecknas av att muskeltensionen är relativt hög. Antalet repetitioner som kan utföras till dess att muskeln tröttnas är därför få. Ett annat kännetecken är att specifika rörelser utförs med hantel/skivstång eller i mer eller mindre rörelsestyrande moduler med viktmagasin eller annan belastningsprincip, i set om upprepade cykler av koncentrisk (muskelförkortning – vikten lyfts) och excentrisk (muskelförlängning – vikten sänks) muskelaktioner.

Muskelproteinernas inbördes sammansättning är sådan att den högsta muskelspänningen uppnås vid den excentriska kontraktionen. Detta är grunden till att excentrisk träning blivit intressant i tränings-sammanhang.

Enligt de rekommendationer som exempelvis American College of Sports Medicine och American Heart Association anvisar, bör motionären välja belastning så att 1–2 set om 8–15 repetitioner kan utföras. Ett sådant program bör omfatta 8–10 övningar för ben, bål, armar, bröst, axlar och rygg, och utföras två gånger per vecka. Dessa principer, som främst bygger på praktiska erfarenheter, har också angivits av American Heart Association för träning av äldre [7] och av hjärtpatienter.

Inget tyder på att motionären skall avhålla sig från mer avancerad och intensiv träning. I en extrem träningsform som den som styrkelyftare bedriver utförs enstaka lyft med största möjliga belastning i några få specifika övningar, ofta med adderad belastning under den excentriska fasen, dvs när vikten åter sänks ned. Kroppsbyggarens träning bygger på en annorlunda strategi. Oftast utförs 4–5 olika övningar per muskelgrupp, i 4–5 set om 8–12 repetitioner, och varje träningspass begränsas till 1–2 muskelgrupper.

Det är uppenbart att dessa strategier tjänar olika syften och att de följaktligen också producerar skilda tränings effekter. I likhet med vad som gäller annan träning är styrketräningens effekter beroende av ett antal faktorer såsom initialt träningsstillstånd, intensitet/belastning, volym och frekvens [8, 9].

### Fysiologiska effekter

Styrketräning syftar ytterst till att förbättra muskelfunktionen, t ex ökning i maximal styrka eller effekt, snabbare kraftproduktion eller hypertrofi. Ett stort antal studier av olika populationer visar också betydande effekter på styrka och muskelmassa [8].

Uthållighetsträning ger betydande generella effekter så att exempelvis en förbättrad maximal syreupptagning inducerad av löpträning också resulterar i en allmänt förhöjd aerob arbetsförmåga. Styrketräningens effekter är i betydligt större utsträckning kopplade just till den muskelgrupp och rörelse som tränas. Denna effekt är resultatet av hypertrofi av individuella muskelfibrer, främst typ II (snabba), men också av påtagliga neurala effekter påverkande rekrytering och frekvensmodulering av motoriska enheter och koordination [8, 10].

Det är således möjligt att initialt åstadkomma tydliga öknningar i maximal viljemässig kraft utan påtagligt ökad muskelmassa. Styrketräning resulterar inte i betydande kapillarisering eller i

## Huvudbudskap

### Effekter i skelettmuskel av uthållighetsträning

- Ökat antal mitokondrier och mitokondriella enzymer (snabbt, inom veckor).
- Förbättrad kapillarisering (snabbt, inom veckor).
- Snabba muskelfibrer omvandlas till långsamma (långsam, successiv process).
- Nedreglering av enzymer i glykogenspjälkning (långsam, successiv process).
- Förändringarna enligt ovan leder till bättre muskeluthållighet och till ökad fettanvändning under muskelarbete.

### Effekter i skelettmuskel av styrketräning

- Förbättrad rekrytering av motoriska enheter.
- Förbättrad frekvensmodulering av motoriska enheter (kraftökning via ökad impulsfrekvens i den motoriska nerven).
- Förbättrad koordination.
- Hypertrofi av muskelfibrer, främst av de snabba (typ II).

enzymanpassning av skelettmuskulatur såsom sker vid uthållighetsträning.

Jämfört med träning som ytterst syftar till att främja uthållighet och kondition är akut styrketräning förenad med en relativt låg belastning på hjärta och syretransporterande organ. Syreupptaget vid intensiv styrketräning involverande stora muskelgrupper överstiger knappast 50 procent av maximal syreupptagningsförmåga [11], och resulterar därför sällan i en förbättrad aerob förmåga.

Sålunda är också kaloriförbrukningen vid sådan träning relativt blygsam. Däremot kan de metabola och hormonella reaktionerna under vissa betingelser jämföras med dem som föreligger vid intensivt aerob muskelarbete [10]. Förutom att belastningen har en avgörande påverkan på graden av styrke- och muskeltillväxt synes den excentriska komponenten vara avgörande för muskelns anpassning till styrketräning [8, 12].

Det är en sedan länge känd kunskap inom idrotten att excentriska muskelkontraktioner, vilka tillåter den högsta muskelspänningen, ofta leder till bättre styrketillväxt. Denna kunskap börjar nu också finna tillämpning inom den ortopediska rehabiliteringen [13, 14].

### Hälsobefrämjande effekter och kliniska applikationer

Den funktionella betydelsen av ökad muskelstyrka och muskelmassa är uppenbar. Den vetenskapliga dokumentationen vad gäller sådana träningseffekter vid rehabilitering av överbelastningsrelaterade skador och efter trauma är övertygande [15]. Denna kunskap är främst vunnen ur studier av nedre extremiteterna och av armbågs- och axelleder, men kända styrketräningsprinciper har också tillämpats vid träning av exempelvis nackmuskulatur med effekter liknande dem som uppnås vid träning

av annan muskulatur [16]. Således har träning av patienter med dokumenterade långvariga nackproblem visat anmärkningsvärda förbättringar vad avser styrka och smärtsymtom [17].

Det är väl dokumenterat att minskad fysisk aktivitet, och speciellt av vikt bärande aktiviteter, leder till urkalkning av skelettet, och att ökad fysisk aktivitet reducerar riskerna för benskörhet. Det är inte helt klarlagt vad det yttersta stimulit därtill är eller vilken typ av fysisk aktivitet som är bäst lämpad för att motverka benskörhet [13]. Studier föreligger dock som visar att styrketräning med vikter, utan inslag av kraftiga stötar mot marken som vid löpning eller hopp, ökar bentjockleken [18].

Styrketräning utförd av sängbundna individer har också visat sig förhindra den minskning i muskelproteinsyntes som föreligger vid långvarig inaktivitet eller muskelavlastning [19]. Styrketräning kan därför utgöra en effektiv metod för att bromsa muskelförtvinning och därtill associerade funktionsförsämringar.

Styrketräning är en lämplig motionsform för överviktiga personer eftersom den är skonsam mot leder och andra stödjande vävnader, men också fysiologiskt därför att en träningsinducerad hypertrofi sekundärt, och i motsats till lågintensiv uthållighetsträning, leder till en förhöjd basal energiomsättning gynnande en minskning av underhudsfettet.

Styrketräning är en rekommenderad motionsform för äldre, och till och med mycket gamla personer kan uppnå betydelsefulla fysiologiska och funktionella resultat. I likhet med vad som gäller yngre kan styrkan förbättras och även om denna effekt främst är neuralt betingad föreligger också en ökning i muskelmassa hos äldre [8].

Effekterna är av avgörande funktionell betydelse för att exempelvis underlätta uppstigning från sittande eller lig-

gande eller för att förhindra fall, och träningen kan därmed på ett högst betydande sätt påverka livssituationen.

### Ingen ökad risk för hjärtat

Det har i vissa sammanhang antytts att akut styrkebetonat arbete kan ge upphov till kardiovaskulära reaktioner innebärande medicinska risker, speciellt för personer med hypertension, därför att tunga lyft är förenade med en kraftig blodtrycksförhöjning [20]. Belastningen på hjärtat är emellertid måttlig jämfört med arbete av mer aerob natur, beroende på det begränsade syrebehovet vid styrketräning.

Resultat från träningsstudier på patienter med hjärt-kärlsjukdomar tyder inte heller på att styrketräning innebär större risk än konventionell konditionsträning för att t ex utlösa angina pectoris. Exempelvis fann man i en studie [21] av ett selekterat material av patienter med känd kranskärlsskleros som genomförde styrketräning eller uthållighetsträning att 30 av 42 patienter (ca 75 procent) hade en eller flera kardiovaskulära komplikationer (arytmi, angina, ischemi, hyper- eller hypotension) i samband med aerobt arbete. Endast en patient (ca 2 procent) uppvisade symptom i samband med styrketräning. Det förefaller därför som om risken för att provocera fram hjärtmuskelschemi med styrketräning är försvinnande liten hos friska försökspersoner [22].

Långvarig träning synes inte medföra en kronisk förhöjning av viloblodtrycket. Tvärtom har ett flertal studier påvisat kliniskt betydelsefulla effekter såsom reducerat viloblodtryck hos hypertensiva individer [23]. Individer som bedrivit rationell styrketräning under många år uppvisar dessutom en lägre dubbelprodukt (= hjärtfrekvens  $\times$  systoliskt blodtryck), som mått på hjärtats syrebehov, under intensivt arbete än icke-tränande individer matchade med avseende på ålder och skattad arbetsförmåga [24].

Styrketräning, i likhet med uthållighetsträning, reducerar insulinkoncentrationen i plasma samt insulinsvaret vid glukosbelastning, och anses därför vara en effektiv terapi vid vissa typer av diabetes [25]. Styrketräning har likaså visat sig ha en gynnsam effekt på blodfettbildningen [26].

### Träningsvärk? Minska dosen

Träningsvärk är ofta resultatet av mycket intensivt muskelarbete eller av att en ovan rörelse utförts. Uppkomstmekanismen till DOMS (delayed onset of muscle soreness) är inte helt klarlagt men den excentriska fasen synes ha en avgörande roll för omfattningen av det inflammatoriska tillståndet.

Således är träningsvärken mer utta-

lad efter aktiviteter som exempelvis löpning i utförsbacke eller träning med tunga vikter, där det excentriska inslaget är betydande jämfört med cykling eller simning som kännetecknas av uteslutande koncentrisk muskelkontraktioner.

Förutom påtaglig subjektiv träningsvärk med palpationsömheter är tillståndet associerat med funktionsförsämring och avsevärd ödembildning som kan kvarstå i mer än en vecka. I samband med arbetsinducerad DOMS har påvisats läckage av muskelenzymer och skador av enskilda muskelfibrer huvudsakligen lokaliserade till myofibrillens Z-disk. Lämplig behandling är att fortsätta att träna men med sänkt belastning, eventuellt i kombination med byte av träningsform under några dagar.

Träningsvärk undviks genom sänkt belastning och kortare träningstid i samband med att en ovan övning påbörjas.

## Referenser

- Salmons S, Henriksson J. The adaptive response of skeletal muscle to increased use. *Muscle Nerve* 1981; 4: 94-105.
- Pette D, Staron RS. Mammalian skeletal muscle fiber type transitions. *Int Rev Cytol* 1997; 170: 143-223.
- Brown JMC, Henriksson J, Salmons S. Restoration of fast muscle characteristics following cessation of chronic stimulation: physiological, histochemical and metabolic changes during slow-to-fast transformation. *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 1989; 235: 321-46.
- Saltin B, Gollnick PD. Skeletal muscle adaptability: Significance for metabolism and performance. In: Peachy LD, Sir Adrian, eds. *Handbook of physiology - skeletal muscle*. Bethesda, Maryland: American Physiology Society, 1983: 555-631.
- Henriksson J, Hickner RC. Training-induced adaptations in skeletal muscle. In: Harries M, Micheli L, Stanish WD, Williams C, eds. *Oxford textbook of sports medicine*. Oxford: Oxford University Press, 1994: 27-45.
- Green HJ, Ball-Burnett M, Symon S, Grant S, Jamieson G. Short-term training, muscle glycogen, and cycle endurance. *Can J Appl Physiol* 1995; 20: 315-24.
- Pollock ML, Graves JE, Swart DL. Exercise training a prescription for the elderly. *South Med J* 1994; 87: S88-S95.
- Kraemer WJ, Fleck SJ, Evans WJ. Strength and power training: Physiological mechanisms of adaptation. In: Holloszy JO, ed. *Exercise and sport sciences reviews*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1996: 363-97.
- Tesch P. Training for bodybuilding. In: Komi PV, ed. *The encyclopedia of sports medicine: »Strength and power in sports»*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1991: 370-80.
- Tesch P. Short- and long-term histochemical and biochemical adaptations to heavy resistance exercise. In: Komi PV, ed. *The encyclopedia of sports medicine: »Strength and power in sports»*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1991: 239-48.
- Dudley GA, Tesch P, Harris RT, Golden C, Buchanan P. Influence of eccentric actions on the metabolic cost of resistance exercise. *Aviat Space Environ Med* 1991; 62: 678-82.
- Dudley GA, Tesch P, Miller BJ, Buchanan P. Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. *Aviat Space Environ Med* 1991; 62: 543-50.
- Grimby G. Clinical aspects of strength and power training. In: Komi PV, ed. *The encyclopedia of sports medicine: »Strength and power in sports»*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1991: 338-54.
- Conley MS, Stone MH, Nimmons M, Dudley GA. Specificity of resistance training responses in neck muscle size and strength. *Eur J Appl Physiol* 1997; 75: 443-8.
- Berg HE, Berggren G, Tesch P. Effects of dynamic neck strength training on pain and function. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; 75: 661-5.
- Ferrando AA, Tipton KD, Bamman MM, Wolfe RR. Resistance exercise maintains skeletal muscle protein synthesis during bed rest. *J Appl Physiol* 1997; 82: 1110-5.
- Fleck S. Cardiovascular response to strength training. In: Komi PV, ed. *The encyclopedia of sports medicine: »Strength and power in sports»*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1991: 305-15.
- Gordon NF, Kohl HW, III, Pollock ML, Vaandrager H, Gibbons LW, Blair SN. Cardiovascular safety of maximal strength testing in healthy adults. *Am J Cardiol* 1995; 76: 851-3.
- Goldberg AP. Aerobic and resistive exercise modify risk factors for coronary heart disease. *Med Sci Sports Exerc* 1989; 21: 669-74.
- Colliander EB, Tesch P. Blood pressure in resistance trained athletes. *Canadian Journal of Sports Sciences* 1988; 13: 31-5.

En fullständig referenslista kan fås från Per Tesch, Institutionen för medicinsk laboratorievetenskap och teknik, Huddinge sjukhus, 141 86 Huddinge.

## Summary

### Current knowledge of muscle training; endurance and strength training yield complementary effects

Jan Henriksson, Per Tesch

*Läkartidningen* 1999; 96: 56-60

Both endurance and strength training are generally agreed to be necessary components of a balanced fitness programme. These two types of training are complementary; strength training improves neuromuscular function, prevents injuries, and is a prerequisite for effective endurance training. Whereas endurance training results in high energy expenditure during exercise, strength training, being associated with increased muscle mass, may result in increased energy expenditure at rest. In conjunction with endurance training, the most striking finding in skeletal muscle is its remarkable adaptability. Indeed, it is usually possible for the muscles to acquire the characteristics necessary to meet prevailing functional demands. This is true even if the demand is continuous contractile activity, 24 hours a day, week after week. The physiological effects of strength training are the result of hypertrophy of individual motor units, mostly comprising type II (fast-twitch) fibres, but are also secondary to neural changes affecting the recruitment and frequency modulation of motor units and co-ordination.

Correspondence: Professor Jan Henriksson, Department of Physiology and Pharmacology, Karolinska Institutet, SE-171 77 Stock-



Läkarförbundets  
medlemsfax  
08-790 09 50

Allt du behöver är en tonväs-telefon och en fax. När du ringer numret tar en telefonsvarare emot hur du gör din beställning. För att beställa vissa dokument måste du ange en medlemnskod som du finner på din inbetalningskvitt för medlemsavgiften. Börja alltid med att beställa en innehållsförteckning för att få senaste uppdateringen av tillgängliga dokument. Efter beställningen knappar du in ditt faxnummer och ditt telefonnummer. Materialet sänds sedan in inom några minuter.

Medlemsfaxer innehåller dokument under dessa rubriker:

- Allmän
- Statistik-Nytt
- Pressmeddelande
- Tillägg av läkarjänster
- Råd inför nyutställning
- Länestatistik
- Anställningsvillkor
- Privatläkare
- Läkartidningen
- Adress- och telefonlistor

Beställningen av dokument vis medlemsfax kostar inte mer än ett vanligt telefonsamtal.