

Perspektiv på styrketräning

ANN-KATRIN STENSDOTTER

Sammanfattning

Styrketräning förbättrar funktionsförmågan i det dagliga livet och har också positiva psykologiska effekter. Rätt anpassad styrketräning kan med fördel bedrivas oavsett ålder och funktionsnivå. Men säker och effektiv träning kräver kunskap om hur man anpassar träningen till individens förutsättningar och mål. Kunskap om de fysiologiska faktorerna som förklarar träningseffekten möjliggör att man effektivare kan modifiera och anpassa träningen. Även om en viss typ av träning bäst främjar det uppsatta målet måste kontraindikationer beaktas och typ av träning, belastning, intensitetsnivå och progression anpassas till individen. I denna artikel sammanfattas det aktuella kunskapsläget om hur styrketräning bör genomföras och vilka effekter som kan uppnås med träningen. Hur styrkan utvecklas vid träning, olika typer av styrketräning, träningens effekt på inre organ och strukturer samt överförbarhet är aspekter som tas upp.

Ann-Katrin Stensdotter, leg. sjukgymnast, Med. Dr., högskolelektor
Program för fysioterapeututbildning, Avdelning Helse- og sosialfag, Høgskolen i Sør-Trøndelag, Trondheim, Norge

STYRKETRÄNING KAN rekommenderas av sjukgymnaster för att påverka en rad olika tillstånd och förbättra funktion i det dagliga livet. Träning kan utövas genom aktivt muskelarbete mot någon form av motstånd eller utan motstånd genom att spänna musklerna. Styrka definieras som den maximala kraften som kan produceras genom ett muskel-senekomplex. Då muskler inte kan agera enskilt måste styrka mätas i förhållande till den spänning med vilken ett muskel-senekomplex påverkar ett kroppsegment (1). Styrka handlar både om musklernas storlek och kvalitet och om det centrala nervsystemets aktivering och koordination av musklerna. Styrka är således uppgiftsspecifik och varierar beroende på vad och hur man mäter. Flera kvaliteter kan definieras innanför styrka, såsom: maximal styrka, snabb styrka och uthållig styrka. Det innebär att styrketräning kan riktas mot en bestämd kvalitet. Styrketräning handlar dock inte bara om att uppnå ökad prestation och att klara av uppgifter i det dagliga livet, utan också om att styrka kroppens funktion och struktur, och kan därför rekommenderas till exempel för att stärka skelettet.

Fysisk aktivitet är essentiell för den allmänna hälsan både för frisk och sjuk. För allmän hälsa är den viktigaste aspekten på styrketrä-

ning att den blir utförd. Man bör därför välja en träningsform, helst allsidig, som man trivs med och är motiverad till. Detta gäller också vid allmän inaktivitetsbetingad funktionsnedsättning. Vid specifik funktionsnedsättning, smärttillstånd, skada eller sjukdom kan det vara aktuellt med både generell träning för att höja den fysiska aktivitetsnivån och speciell träning för att återfå styrka i specifika muskler, styrka vissa strukturer samt koordinationsövningar och funktionell styrketräning för att klara av olika uppgifter i det dagliga livet.

Styrketräning kan med fördel bedrivas oavsett ålder. Hos barn och unga rapporteras i en systematisk litteraturoversikt god effekt av träning både med fria vikter och i apparat tvåre gånger per vecka med tung belastning, cirka 75 procent av 1 RM (repetition maximum) utan negativa effekter (2). Träning som bedrivs korrekt och med moderat belastning kan anses som trygg för både barn och unga (3). För de allra äldsta finns det god dokumentation på att styrketräning har positiv effekt på styrka, funktion i det dagliga livet och hälsa (4). Det bör dock tas hänsyn till med åldern långsammare återhämtning och försvagade strukturer, såsom senor (5,6) och brosk (7), samt benskörhet (8), det sista speciellt när det gäller kvinnor (9).

För säker och effektiv träning gäller alltid anpassning till individens förutsättningar och mål. Även om en viss typ av träning bäst främjar det uppsatta målet måste eventuella kontraindikationer beaktas och typ av träning, belastning, intensitetsnivå och progression individanpassas. Felträning kan medföra uteblivet eller dåligt resultat och i värsta fall skada. Noggrann instruktion och uppföljning för att försäkra sig om att övningarna utförs korrekt är viktigt.

Styrkeutveckling vid träning

Kunskap om de fysiologiska faktorerna som förklarar träningseffekten möjliggör effektivare modifiering och anpassning av träningen. Styrkeutveckling förklaras av flera neurologiska och morfologiska faktorer (10). Den största styrkeutvecklingen sker under de första veckorna och månaderna (11). Ökad belastning medför ökad muskelmassa och syntesen av muskelproteiner startar direkt efter träning (12). Hypertrofi blir dock inte märkbar förrän efter flera veckor eller månader (13). Den totala spän-

ningen en muskel utsätts för är avgörande för hypertrofiutveckling, och träning till utmattning verkar främja hypertrofi (14). Styrka och förmåga att utveckla hypertrofi skiljer mellan män och kvinnor, beroende på att kvinnor generellt är mindre, har mindre muskelmassa och små muskelfibrer (15,16) samt lägre nivåer av androgena hormoner (17). Skillnaden blir särskilt märkbar i överkropp (15). Skillnader mellan individer kan dels bero på genetiska faktorer (18,19), dels även på hur man genom livet använt sin kropp, eftersom muskelfibrernas egenskaper påverkas av den typ av träning och aktivitet som bedrivs (20,21). Gränsen mellan de olika muskelfibertyperna är glidande (21) och muskelfibrerna kan, beroende på typ av aktivitet eller träning, anta mera anaeroba eller aeroba former (21,22). Faktorer som kan manipuleras är: belastning; antal set; antal övningar per muskelgrupp; typ av övningar; rörelsehastighet; vila mellan set och antal träningspass per vecka samt kombinationer med övrig aktivitet, det vill säga total belastning.

Förmågan att utveckla muskulär hypertrofi skiljer sig mellan kroppens olika muskler, beroende på muskelfibersammansättning. Man skiljer på typ I och typ II-fibrer. Typ II-fibrer är större och innehåller mera kontraktilt protein samt omsätter ATP snabbare, vilket ger större kraft respektive snabbare kontraktion. Typ II-fibrer kan indelas i a och b, där a har större aerob kapacitet än b som är helt glykolytisk. Glykolysen medför snabbare energiomställning men med låg uthållighet eftersom mjölksyra bildas. Muskler som används för att åstadkomma stora tillfälliga rörelser, till exempel biceps för att böja armen, innehåller en större andel av typ II-fibrer än muskler som skal arbeta kontinuerligt över lång tid, såsom posturala muskler. Dessa innehåller en större andel typ I-fibrer som är oxidativa, långsamt kontraherande och uthålliga (23).

Styrkeutveckling förklaras kanske bäst neurofysiologiskt. Redan efter ett träningspass kan styrkan märkbart ha ökat, vilket troligen beror på att man lärt sig hur man gör övningen (24). Upprepade träningspass bidrar till förbättrad koordination på så sätt att man effektivare kan utnyttja sina resurser. Bättre arbeteekonomi medför att man inte behöver utnyttja lika stor del av sin kapacitet för att utföra ett bestämt arbete (25) och flera repetitioner kan genom-

»Kunskap om de fysiologiska faktorerna som förklarar träningseffekten möjliggör effektivare modifiering och anpassning av träningen.«

föras med samma belastning, eller belastningen ökas med samma antal repetitioner. Träning leder också till bättre utnyttjande av muskelns potentiella kapacitet (26), då muskeln har större kapacitet än vad man viljemässigt har förmåga att aktivera (27).

Musklernas storlek och kvalitet och nervsystemets motoriska kontroll bestämmer styrkeutvecklingen. Med ökande muskelhypertrofi får nervsystemet en allt större motor att styra, vilket ger ökad styrka. Förmåga att snabbt producera kraft handlar till stor del om koordination och förmåga till snabb rekrytering av muskler (28) samt ändring av muskelfibers egenskaper och metabolism (29). Uthålligheten avgörs av den metabola anpassningen (30), men också den maximala styrkan har betydelse.

Olika typer av styrketräning

Beroende på vilken funktion man vill påverka måste man ha klart för sig vilka mekanismer som påverkas genom träning och hur man med hänsyn till individuella faktorer bör utföra relevant träning.

- *Generell styrketräning:* Generell styrketräning är den vanligast rekommenderade och handlar om mellanstora belastningar och lugnt, kontrollerat tempo för att uppnå en allmän stärkning av kropp och prestation. Rekommenderat är två-tre träningspass i veckan. Två gånger i veckan anses som gräns för att bibehålla en träningsnivå (31) och tre gånger i veckan som undre gräns för träningsprogression (32). En muskel behöver cirka 48 timmar för att återhämta sig efter ett normalt träningspass.

Träningseffekten beror perifert på överkompensation som respons på ökad strukturell belastning (32) och centralt på anpassningar i nervsystemet (33). För lite vila mellan träningspass resulterar i överträning därför att strukturer inte hinner återhämta sig, medan progression uteblir om vilan mellan träningspassen blir för lång. Med i beräkningen måste tas vilka andra aktiviteter som bedrivs. Totalbelastningen är viktig! Doseringen brukar vara tio-tolv RM (repetition maximum, = antal gånger man klarar att utföra övningen) i två-tre set per muskelgrupp, motsvarande cirka 60 procent av 1 RM, det vill säga 60 procent av den belast-

ning som man orkar att lyfta en gång. Erfarenhetsmässigt har jag funnit att det inte råder ett absolut förhållande mellan antal procent av 1 RM och motsvarande antal repetitioner. Det betyder att 60 procent av 1 RM kan variera mellan åtta-tolv repetitioner beroende på trötthet, muskelgrupp, muskelfibersammansättning och på hur man tränat samt variation mellan personer. Förhållandet i procent till 1 RM tjänar ändå som riktmärke. En till högst tre minuters vila rekommenderas mellan set (32). Om träningsintensiteten är korrekt, skall antalet repetitioner i det tredje setet vara lägre än i det första.

Olika muskler har olika uppgifter och skiljer sig åt fysiologiskt (34). Posturala muskelgrupper såsom mage, ländrygg och vader (m. soleus) innehåller en större andel typ I-fiber vilka gynnas bättre av lägre belastning och många, gärna 20-30 repetitioner (35). Med egen kropp som belastning blir denna avgörande för hur många repetitioner man klarar. Kroppen kan vara både för lätt och för tung för effektiv träning.

Medelstor belastning, upp till cirka 15 RM främjar både ökad syntes av kontraktilt protein och aerob så väl som anaerob metabolism. Lättare motstånd och flera repetitioner gynnar den aeroba metabolismen medan syntesen av kontraktilt protein blir mindre uttalad. Större motstånd och färre repetitioner ger det motsatta (36).

- *Uthållig styrka:* Det diskuteras om uthållig styrka skall definieras som styrke- eller uthållighetsträning. Gränsen är flytande och det kan vara svårt att bestämma vilka fysiologiska mekanismer som i störst grad förklarar förmågan till att genomföra 20-30 RM. Många repetitioner och låg belastning rekommenderas ofta för god effekt på cirkulationen.

Fysisk aktivitet generellt förebygger dålig cirkulation, men det är osäkert om styrketräning kan öka kapillärtätheten (37). Denna typ av träning kan betraktas som funktionell, då många vardagliga aktiviteter kräver upprepande av kraftprestation. Maximal såväl som generell styrketräning ökar förmågan till flera repetitioner på submaximala belastningar eftersom ökad maximal styrka medför att mindre av den totala kapaciteten behövs för att utträtta ett submaximalt arbete. Den aeroba metabolismen gyn-

nas i högre grad med lättare belastning, eftersom det tar längre tid innan arbetet stoppas på grund av mjölksyra (36). Dessa effekter är dock små vid styrketräning med många repetitioner jämfört med konditionsträning, där antalet repetitioner vid till exempel löpning rör sig om flera tusen. Vid uthållighetsträning ökar syreupptagningsförmågan genom att mitokondrierna ökar i storlek och antal, och att mängden oxidativa enzymer ökar och cirkulationen i muskeln förbättras genom ökad kapillarisering (38). De olika typerna av träning medför således olika fysiologisk påverkan som förklarar skillnaderna i träningseffekten (36).

• *Maximal styrka:* För att uppnå maximal styrka måste man belasta maximalt (36). Träning med stora belastningar, 1-3 RM, medför ökat kontraktilt proteininnehåll och främjar anaerob icke-glykolytisk metabolism, där kreatinfosfat och lagrat ATP utgör energi (39), samt ökad förmåga att aktivera och koordinera musklerna för uppgiften (24,25,26).

Maximal belastning förknippas ofta med mycket stora belastningar, som i styrkelyft. Men maximal belastning måste ses relativt till individens förmåga. Att resa sig upp från en stol kan för någon vara lika med 1 RM (40). Dosering och frekvens av maximal belastning måste därför anpassas i förhållande till träningsnivå. Här gäller motsatt regel för vältränad och svag. Som tumregel för maximal belastning långt utöver den egna kroppsvikten gäller 1-3 RM och fem set, två gånger i veckan per muskelgrupp (32).

För att säkra tillräcklig återhämtning av de belastade musklerna rekommenderas cirka 72 timmar mellan träningspass. Denna typ av träning skall kombineras med generell styrketräning. Om hela kroppen skall tränas måste man dela upp träningen på flera dagar. Till skillnad mot träning med moderat eller lättare belastningar är det inte alla övningar som lämpar sig för stora belastningar. Erfarenhetsmässigt resulterar övningar för isolering av små muskelgrupper eller koordinationsmässigt komplicerade övningar ofta i kompensatoriska strategier, då andra muskler automatiskt aktiveras för att bidra med mera kraft. Därför rekommenderas för denna typ av träning stora enkla övningar där många och stora muskelgrupper aktiveras.

Med stor belastning är det extra viktigt att övningen behärskas med full kontroll för att undvika skador av felträning och ogynnsam belastning. Detta bör uppmärksammas i synnerhet när det gäller knäböj med viktstång på axlarna som medför stor belastning på både knäleder och ryggrad (41). En god tumregel är att aldrig belasta mera än vad ryggen tål (42).

För mycket svaga personer, där den egna kroppen utgör den maximala belastningen, rekommenderas lägre dos och högre frekvens. Om träningen handlar om att resa sig upp bör denna övning ske flera gånger per dag. Sådan träning bör integreras i den vardagliga aktiviteten, där till exempel uppresning och trappgång skall ske med fokus på muskelaktivering och undvikande av kompensatoriska strategier för att avlasta svaga muskler. Man måste dock skilja på avlastande strategier med syfte att klara av vardagen och användandet av vardagsaktiviteter som styrketräning.

• *Snabb styrka:* För att öka förmågan att snabbt producera kraft har olika modeller provats med blandat resultat (43). Avlastning av den egna kroppstyngden, eller träning med litet motstånd har provats i syfte att uppnå större rörelsehastighet, som sedan skulle vara överförbar till belastad rörelse eller större motstånd (44).

En annan teori bygger på det motsatta. Genom att öka belastningen, ibland till så mycket som 1RM och därmed öka förmågan att producera kraft skulle rörelsehastigheten vid lägre belastning öka (45). Eftersom snabba rörelser bygger på feed-forward har en snabb initiering av rörelsen varit i fokus (46). Det har därför ansetts vara av underordnad betydelse att den faktiska rörelsen vid stort motstånd blir långsam. Isometrisk träning har i viss grad givit positiva resultat (47). Bäst resultat verkar det dock ge om snabbstyrka tränas med den aktuella belastningen (48). Enligt specificitetsprincipen verkar det också som om träning vid den aktuella hastigheten ger bäst styrkeökning vid den hastighet som tränats (49). Vila för återhämtning anpassas, beroende på den belastning som används.

Förmågan att snabbt utveckla kraft avtar med åldern i högre grad än den maximala styrkan. Träning av snabb styrka har visat sig effektiv och har positivt påverkat funktionen i det

»Med stor belastning är det extra viktigt att övningen behärskas med full kontroll för att undvika skador av felträning och ogynnsam belastning.«

»För stor belastning kan medföra kompensatoriska strategier som sannolikt medför att de muskler som skall tränas upp inte aktiveras i tillräcklig grad för att uppnå träningseffekt. «

dagliga livet hos äldre (50,51). Med hänsyn till strukturella åldersförändringar (5-8) rekommenderas lätt belastning eller isometrisk träning.

• *Koordination:* Koordination utgör en viktig del av styrketräning och styrkeprestation. För en styrkeprestation krävs koordinering av när och i vilken grad de inngående musklerna aktiveras. Bättre koordination betyder att mindre av den totala kapaciteten åtgår för att utträtta ett arbete, vilket resulterar i bättre arbeteekonomi och ökad styrka. Å andra sidan är muskelkraft en viktig del av koordinationen. Om en eller några muskler inte kan producera den kraft som krävs kan det resultera i en kompensatorisk strategi med annorlunda muskelbruk och därmed annorlunda rörelsemönster (52). Muskler såväl som andra strukturer kan då utsättas för över- eller underbelastning.

• *Avlastad träning:* Avlastad träning är också styrketräning. För att de muskler som skall tränas skall kunna aktiveras måste man ibland avlasta så att en övning utförs korrekt. För stor belastning kan medföra kompensatoriska strategier som sannolikt medför att de muskler som skall tränas upp inte aktiveras i tillräcklig grad för att uppnå träningseffekt. Man har då bara åstadkommit en förstärkning av en kompensatorisk strategi och tagit andra muskler till hjälp istället för att träna de försvagade musklerna.

Avlastad träning kan också vara aktuell där man måste ta hänsyn till försvagade och skadade strukturer (53). Det är inte alltid möjligt att träna på det för prestationen mest fördelaktiga sättet. Träning med hjälp av slingor, i bassäng eller i apparater som avlastar den egna kroppsvikten kan vara aktuell. En benpressapparat kan användas, inte enbart till tunga övningar, utan kan också fungera som avlastning för att träna benen i hela rörelsebanan, där den egna kroppstyngden är för stor för att klara djupa knäböjningar. Fokus på koordination och korrekt genomförande av en övning är en förutsättning för gott resultat.

• *Excentrisk träning:* Utnyttjande av den excentriska fasen är halva träningen och lika viktig som den koncentrisk fasen. De flesta aktivi-

teter består av båda faser. I den excentriska fasen arbetar muskeln under förlängning, vilket i praktiken kan innebära större belastning på passiva strukturer då både den bromsande kraften från muskeln och kraften som genereras av kroppsmassan och rörelseenergin sträcker eller komprimerar vävanden, till exempel kompression i knäled och traktion av akillessenan vid gång. Excentrisk träning innebär att man enbart belastar i den excentriska fasen, eller att den absoluta belastningen är större än i den koncentrisk fasen. Styrkan i den excentriska fasen är 40 procent större än i den koncentrisk fasen. Denna kapacitet kan tränas på olika sätt. Vid till exempel knäböj kan man stå på ett ben i den excentriska fasen och på båda i den koncentrisk fasen. Man kan också använda sig av medhjälpare eller speciella träningsapparater.

Excentrisk träning med belastningar som övergår 100 procent av 1 RM i den koncentrisk fasen (så kallad "overload"), har visat sig ha god effekt på den koncentrisk styrkan (54). Det manas till försiktighet, då detta medför stora strukturella belastningar.

Hög rörelsehastighet i den excentriska fasen medför större strukturell påverkan på muskeln än långsam rörelse (55). Träning med "overload" kräver minst 72 timmars vila mellan träningspass. Excentrisk träning ställer lägre metabola krav än koncentrisk träning. Ökad puls och svett uppstår inte i samma grad och muskeltrötthet ger sig inte till känna på samma sätt (56), varför det finns risk för överträning. Eftersom excentrisk styrketräning medför låga krav på kondition föreslås den som passande för tillstånd där konditionen är kraftigt nedsatt (56). Den bör då inte utföras med "overload". Denna träningsform är funktionell för att uppnå ökad styrka och kontroll av exempelvis trappgång nedför. Kontroll av den excentriska fasen minskar belastningen på de passiva strukturerna.

Excentrisk träning används även som behandling av senor vid tendinopatier och efter akillesskador (57,58). Inom idrotten, särskilt alpint, används excentrisk träning med "overload" för att öka förmågan att bromsa yttre krafter.

• *Vibration:* Vibration av muskler för att facilitera styrka har på senare tid blivit uppmärks-

sammad. God effekt av helkroppsvibration på benstyrka efter upprepade behandlingar rapporteras särskilt hos otränade kvinnor och äldre samt i viss grad hos yngre och vältränade personer. Vibrationsfrekvens och amplitud varierar i olika studier. Behandlingsperioder på cirka elva veckor med två-fem behandlingar i veckan kan rekommenderas (59). Störst styrkeökning i benen förklaras av att de är närmast vibrationskällan, eftersom man står på en vibrerande platta.

Förklaringen till styrkeökningen har diskuterats och påverkan på muskelspolen liksom muskelhypertrofi har föreslagits, men det råder oklarhet om vilka mekanismer som förklarar den positiva effekten på styrka (60). Studier som styrker akut effekt efter en vibrationsbehandling och effekt av vibration på överkropp är tvetydiga (59,61-64).

• *Inre organ och strukturer:* Till skillnad mot konditionsträning påverkar styrketräning inte vilopuls och hjärtats slagvolym (65). Däremot kan muskulaturen i hjärtats vänstra kammare bli kraftigare hos hårt styrketränade personer, eftersom motståndet som hjärtat pumpar blod emot ökar under hård muskelkontraktion och medför ökat blodtryck under kraftansträngningen. Denna förändring är en naturlig anpassning av hjärtat och skall inte anses som patologisk (66). Det finns indikationer på att blodtrycket i vila sänks som en effekt av långvarig styrketräning (65).

Styrketräningens positiva effekt på senor förklaras av tensionskrafter. Om inte senan utsätts för tensionskrafter försvagas den genom att fibrerna blir tunnare, får dåligare kvalitet och färre sammanbindande länkar (67). Fibrer kan också bildas på tvärs efter skada, vilket ger oelastiska ärrbildningar med försvagade zoner. I en frisk sena ligger de kollagena fibrerna parallellt. Senor har i stort sett inte blodförsörjning och anpassar sig sakta, men tillfredsställande med korrekt träningsprogression (68). Ligament anpassar sig på liknande sätt.

Belastning för att stärka skelettet har väl dokumenterad effekt. Benvävnad har relativt bra genomblödning och anpassar sig i förhållande till mekanisk belastning genom att osteoblasterna ökar sin aktivitet. Nytt organiskt matrix bildas, i vilket benmineral inlagras som ger seghet och hårdhet till benvävnaden (69).

Störst effekt har träning som medför inte bara ökad kompression, men i annorlunda riktningar än den vanliga dagliga belastningen (70). Hopp, gymnastiska övningar och styrketräning med hantlar eller i apparat är sådana exempel.

Även brosk gynnas av belastning, eftersom det får sin näring genom intermittent kompression som gör att näring diffunderar in och ut genom vävnaden (71). Överbelastning såväl som underbelastning har motsatt effekt (72,73). Skadat brosk har lägre stresstålighet (74). Det samma gäller för diskar (75) och menisker (76). Gemensamt för dessa vävnader är att de anpassar sig långsammare än muskelvävnad (77). Friskträning kan utföras utan särskilda restriktioner. Efter inaktivitet, skada, sjukdom, eller mediciner (långvarig kortisonbehandling) måste styrketräning anpassas med hänsyn till försvagning av strukturer.

Specificitet och överförbarhet

Man blir bra på just det man tränar på och ökad styrka i en speciell övning har begränsad överföringsvärde till andra uppgifter.

Ökning i styrka är uppgiftsspecifik både i förhållande till övning, rörelsebana och hastighet (9,78). Trots det tyder studier och erfarenhet på att vanlig traditionell styrketräning har god effekt på flera områden (79,80). Detta kan kanske förklaras av att konditions-, styrke- och koordinationsträning resulterar i olika fysiologiska anpassningar (24,81,82), men som alla har betydelse för prestationen eftersom de flesta vardagliga uppgifter kräver både uthållighet, styrka och koordination. När man värderar om styrketräning kan ha effekt måste man se på hur studierna är gjorda (78). Hur länge och hur träning bedrivits, testning och testpersoner är exempel på faktorer som kan variera.

Vid låg allmän funktionsnivå har träningen i regel en mera generell effekt eftersom alla kvaliteter är nedsatta. Exempelvis kan styrketräning av benen utöver ökad benstyrka bidra till bättre ADL-funktion och balans (79,83,84) samt medföra ökad uthållighet (85). Större uthållighet kan vara en sekundäreffekt av allmänt ökad aktivitet som konsekvens av förbättrad ADL-funktion.

Även hos en vältränad idrottare (86) verkar styrketräning ha positiv effekt på uthållighet

»Även brosk gynnas av belastning eftersom det får sin näring genom intermittent kompression som gör att näring diffunderar in och ut genom vävnaden.«

genom bättre arbetsekonomi (87).

Tillräcklig styrka och tillfredsställande koordination är viktiga för skydd av ledstrukturers integritet genom: att snabbt producera kraft för att motverka yttre moment (88,89); styrkebalans mellan kroppens muskler, speciellt agonister och antagonister (90); balans mellan fasiska och posturala muskler samt koordination av de korta lednära musklerna som är av betydelse för kontroll av ledposition (91,92).

En del av överförbarhetseffekterna i styrketräning kan kanske förklaras som en primär positiv psykologisk effekt (93), medierad via ökad produktion av bland annat endorfiner och stresshormoner (94). Genom dessa vägar kan kanske den dokumenterat positiva effekten på stress, ökad energi och bättre sömn förklaras (95). Känsla av ökad förmåga i vardagen genom förbättrad ADL-funktion kan ge sekundära positiva effekter.

Referenser

1. Krehbaum E, Barthels KM. Biomechanics: a qualitative approach for studying human movement. 4th ed. Boston, Allyn and Bacon. 1996.
2. Malina RM. Weight training in youth-growth, maturation, and safety: an evidence-based review. *Clin J Sport Med.* 2006;16:478-87.
3. Falk B, Eliakim A. Resistance training, skeletal muscle and growth. *Pediatr Endocrinol Rev.* 2003;1:120-7.
4. Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM. Effects of resistance training on older adults. *Sports Med.* 2004;34:329-48.
5. Narici MV, Maganaris CN. Adaptability of elderly human muscles and tendons to increased loading. *J Anat.* 2006;208:433-43.
6. Reeves ND, Narici MV, Maganaris CN. Myotendinous plasticity to ageing and resistance exercise in humans. *Exp Physiol.* 2006;91:483-98.
7. Mikesky AE, Mazzuca SA, Brandt KD, Perkins SM, Damush T, Lane KA. Effects of strength training on the incidence and progression of knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum.* 2006;55:690-9.
8. Prior JC, Barr SI, Chow R, Faulkner RA. Prevention and management of osteoporosis: consensus statements from the Scientific Advisory Board of the Osteoporosis Society of Canada. 5. Physical activity as therapy for osteoporosis. *CMAJ.* 1996;155:940-4.
9. American College of Sports Medicine position stand. Osteoporosis and exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27:i-vii.
10. Folland JP, Williams AG. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med.* 2007;37:145-68.
11. Morganti CM, Nelson ME, Fiatarone MA, Dallal GE, Economos CD, Crawford BM, Evans WJ. Strength improvements with 1 yr of progressive resistance training in older women. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27:906-12.
12. Psilander N, Damsgaard R, Pilegaard H. Resistance exercise alters MRF and IGF-I mRNA content in human skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.* 2003;95:1038-44.
13. Abe T, DeHoyos DV, Pollock ML, Garzarella L. Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2000;81:174-80.
14. Wernbom M, Augustsson J, Thomee R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Med.* 2007;37:225-64.
15. Miller AE, MacDougall JD, Tarnopolsky MA, Sale DG. Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1993;66:254-62.
16. Ivey FM, Roth SM, Ferrell RE, Tracy BL, Lemmer JT, Hurlbut DE, Martel GF, Siegel EL, Fozard JL, Jeffrey Metter E, Fleg JL, Hurley BF. Effects of age, gender, and myostatin genotype on the hypertrophic response to heavy resistance strength training. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2000;55:M641-8.
17. Ramos E, Frontera WR, Llopart A, Feliciano D. Muscle strength and hormonal levels in adolescents: gender related differences. *Int J Sports Med.* 1998;19:526-31.
18. Jorgensen JO, Jessen N, Pedersen SB, Vestergaard E, Gormsen L, Lund SA, Billestrup N. GH receptor signalling in skeletal muscle and adipose tissue in human subjects following exposure to an intravenous GH bolus. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2006;291:E899-905.
19. Gibbons LE, Videman T, Battie MC, Kaprio J. Determinants of paraspinal muscle cross-sectional area in male monozygotic twins. *Phys Ther.* 1998;78:602-10.
20. Nader GA. Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38:1965-70.
21. Zierath JR, Hawley JA. Skeletal muscle fiber type:

influence on contractile and metabolic properties. *PLoS Biol.* 2004;2:e348.

22. Adams GR, Hather BM, Baldwin KM, Dudley GA. Skeletal muscle myosin heavy chain composition and resistance training. *J. Appl. Physiol.* 2003;95:1038-44.

23. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. Principles of neural science. 4th ed. New York, McGraw-Hill. 2000.

24. Jensen JL, Marstrand PC, Nielsen JB. Motor skill training and strength training are associated with different plastic changes in the central nervous system. *J Appl Physiol.* 2005;99:1558-68.

25. Osteras H, Helgerud J, Hoff J. Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2002;88:255-63.

26. del Olmo MF, Reimunde P, Viana O, Acero RM, Cudeiro J. Chronic neural adaptation induced by long-term resistance training in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2006;96:722-8.

27. Todd G, Taylor JL, Gandevia SC. Measurement of voluntary activation of fresh and fatigued human muscles using transcranial magnetic stimulation. *J Physiol.* 2003;551:661-71.

28. Ross A, Leveritt M, Riek S. Neural influences on sprint running: training adaptations and acute responses. *Sports Med.* 2001;31:409-25.

29. Ross A, Leveritt M. Long-term metabolic and skeletal muscle adaptations to short-sprint training: implications for sprint training and tapering. *Sports Med.* 2001;31:1063-82.

30. Åstrand PO, Rodahl K. Textbook of work physiology: physiological bases of exercise. 4th ed. Champaign, Ill. Human Kinetics. 2003.

31. Graves JE, Pollock ML, Leggett SH, Braith RW, Carpenter DM, Bishop LE. Effect of reduced training frequency on muscular strength. *Int J Sports Med.* 1988;9:316-9.

32. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, Fleck SJ, Franklin B, Fry AC, Hoffman JR, Newton RU, Potteiger J, Stone MH, Ratamess NA, Triplett-McBride T; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:364-80.

33. Gabriel DA, Kamen G, Frost G. Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Med.* 2006;36:133-49.

34. Monster AW, Chan H, O'Connor D. Activity patterns of human skeletal muscles: relation to muscle fiber type composition. *Science.* 1978;200:314-7.

35. Douris PC, White BP, Cullen RR, Keltz WE, Meli J,

Mondiello DM, Wenger D. The relationship between maximal repetition performance and muscle fiber type as estimated by noninvasive technique in the quadriceps of untrained women. *J Strength Cond Res.* 2006;20:699-703.

36. Campos GE, Luecke TJ, Wendeln HK, Toma K, Hagerman FC, Murray TF, Ragg KE, Ratamess NA, Kraemer WJ, Staron RS. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol.* 2002;88:50-60.

37. Fleck SJ. Cardiovascular adaptations to resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 1988;20:S146-51.

38. Rodriguez LP, Lopez-Rego J, Calbet JA, Valero R, Varela E, Ponce J. Effects of training status on fibers of the musculus vastus lateralis in professional road cyclists. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002;81:651-60.

39. Baker JS, Graham MR, Davies B. Metabolic consequences of resistive force selection during cycle ergometry exercise. *Res Sports Med.* 2007;15:1-11.

40. Manini TM, Clark BC, Tracy BL, Burke J, Ploutz-Snyder L. Resistance and functional training reduces knee extensor position fluctuations in functionally limited older adults. *Eur J Appl Physiol.* 2005;95:436-46.

41. Fry AC, Smith JC, Schilling BK. Effect of knee position on hip and knee torques during the barbell squat. *J Strength Cond Res.* 2003;17:629-33.

42. Russell PJ, Phillips SJ. A preliminary comparison of front and back squat exercises. *Res Q Exerc Sport.* 1989;60:201-8.

43. van den Tillaar R. Effect of different training programs on the velocity of overarm throwing: a brief review. *J Strength Cond Res.* 2004;18:388-96.

44. Edwards Van Muijen AJ, Joris HJJ, Kemper HCG, Van Ingen Schenau GJ. Throwing practice with different ball weights: Effects on throwing velocity and muscle strength in female handball players. *Sports Train Med Rehabil.* 1991;2:103-113.

45. DeRenne C, Ho K, Blitzblau A. Effects of weighted implement training on throwing velocity. *J Appl Sports Sci.* 1990;4:16-19.

46. Pilon JF, Feldman AG. Threshold control of motor actions prevents destabilizing effects of proprioceptive delays. *Exp Brain Res.* 2006;174:229-39.

47. Symons TB, Vandervoort AA, Rice CL, Overend TJ, Marsh GD. Effects of maximal isometric and isokinetic resistance training on strength and functional mobility in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2005;60:777-81.

48. Baker D, Wilson G, Carlyon B. Generality versus specificity: a comparison of dynamic and isometric measures of strength and speed-strength. *Eur J Appl*

- Physiol Occup Physiol. 1994;68:350-5.
49. Kanehisa H, Miyashita M. Specificity of velocity in strength training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1983;52:104-6.
50. Fielding RA, LeBrasseur NK, Cuoco A, Bean J, Mizer K, Fiatarone Singh MA. High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *J Am Geriatr Soc.* 2002;50:655-62.
51. Sayers SP. High-speed power training: a novel approach to resistance training in older men and women. A brief review and pilot study. *J Strength Cond Res.* 2007;21:518-26.
52. Connelly DM, Carnahan H, Vandervoort AA. Motor skill learning of concentric and eccentric isokinetic movements in older adults. *Exp Aging Res.* 2000;26:209-28.
53. Buckwalter JA, Martin JA. Sports and osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol.* 2004;16:634-9.
54. Hortobágyi T, Devita P, Money J, Barrier J. Effects of standard and eccentric overload strength training in young women. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:1206-12.
55. Chapman D, Newton M, Sacco P, Nosaka K. Greater muscle damage induced by fast versus slow velocity eccentric exercise. *Int J Sports Med.* 2006;27:591-8.
56. Lastayo PC, Reich TE, Urquhart M, Hoppeler H, Lindstedt SL. Chronic eccentric exercise: improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen. *Am J Physiol.* 1999;276:R611-5.
57. Knobloch K, Kraemer R, Jagodzinski M, Zeichen J, Meller R, Vogt PM. Eccentric training decreases paratendon capillary blood flow and preserves paratendon oxygen saturation in chronic achilles tendinopathy. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007;37:269-76.
58. Langberg H, Ellingsgaard H, Madsen T, Jansson J, Magnusson SP, Aagaard P, Kjaer M. Eccentric rehabilitation exercise increases peritendinous type I collagen synthesis in humans with Achilles tendinosis. *Scand J Med Sci Sports.* 2007;17:61-6.
59. Rehn B, Lidstrom J, Skoglund J, Lindstrom B. Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports.* 2007;17:2-11.
60. Nordlund MM, Thorstensson A. Strength training effects of whole-body vibration? *Scand J Med Sci Sports.* 2007;17:12-7.
61. McBride JM, Porcari JP, Scheunke MD. Effect of vibration during fatiguing resistance exercise on subsequent muscle activity during maximal voluntary isometric contractions. *J Strength Cond Res.* 2004;18:777-81
62. Cochrane DJ, Hawke EJ. Effects of acute upper-body vibration on strength and power variables in climbers. *J Strength Cond Res.* 2007;21:527-31.
63. Moran K, McNamara B, Luo J. Effect of vibration training in maximal effort (70% 1RM) dynamic bicep curls. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:526-33.
64. Mottram CJ, Maluf KS, Stephenson JL, Anderson MK, Enoka RM. Prolonged vibration of the biceps brachii tendon reduces time to failure when maintaining arm position with a submaximal load. *J Neurophysiol.* 2006;95:1185-93.
65. Carter JR, Ray CA, Downs EM, Cooke WH. Strength training reduces arterial blood pressure but not sympathetic neural activity in young normotensive subjects. *J Appl Physiol.* 2003;94:2212-6.
66. Dickerman RD, Schaller F, McConathy WJ. Left ventricular wall thickening does occur in elite power athletes with or without anabolic steroid Use. *Cardiology.* 1998;90:145-8.
67. Hurschler C, Loitz-Ramage B, Vanderby R. A structurally based stress-stretch relationship for tendon and ligament. *J Biomech Eng.* 1997;119:392-9.
68. Bahr R, M lum S. F ebyggga, behandla, rehabilitera idrottskador: en illustrerad guide. Stockholm, SISU idrottsb ker, 2004.
69. Tortora GJ. Principles of anatomy and physiology. New York, Wiley. 2006
70. Turner CH. Three rules for bone adaptation to mechanical stimuli. *Bone.* 1998;23:399-407.
71. Roos EM, Dahlberg L. Positive effects of moderate exercise on glycosaminoglycan content in knee cartilage: a four-month, randomized, controlled trial in patients at risk of osteoarthritis. *Arthritis Rheum.* 2005;52:3507-14.
72. Conaghan PG. Update on osteoarthritis part 1: current concepts and the relation to exercise. *Br J Sports Med.* 2002;36:330-3.
73. Vanwanseele B, Lucchinetti E, Stussi E. The effects of immobilization on the characteristics of articular cartilage: current concepts and future directions. *Osteoarthritis Cartilage.* 2002;10:408-19.
74. Loening AM, James IE, Levenston ME, Badger AM, Frank EH, Kurz B, Nuttall ME, Hung HH, Blake SM, Grodzinsky AJ, Lark MW. Injurious mechanical compression of bovine articular cartilage induces chondrocyte apoptosis. *Arch Biochem Biophys.* 2000;381:205-12.
75. Urban JP. The role of the physicochemical environment in determining disc cell behaviour. *Biochem Soc Trans.* 2002;30:858-64.
76. Petersen W, Tillmann B. Collagenous fibril texture of the human knee joint menisci. *Anat Embryol (Berl).*

- 1998;197:317-24.
77. Benjamin M, Hillen B. Mechanical influences on cells, tissues and organs - 'Mechanical Morphogenesis'. *Eur J Morphol.* 2003;41:3-7.
78. Harris N, Cronin J, Keogh J. Contraction force specificity and its relationship to functional performance. *J Sports Sci.* 2007;25:201-12.
79. Manini T, Marko M, Vanarnam T, Cook S, Fernhall B, Burke J, Ploutz-Snyder L. Efficacy of resistance and task-specific exercise in older adults who modify tasks of everyday life. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2007;62:616-23.
80. Zamparo P, Minetti AE, di Prampero PE. Interplay among the changes of muscle strength, cross-sectional area and maximal explosive power: theory and facts. *Eur J Appl Physiol.* 2002;88:193-202.
81. Taube W, Kullmann N, Leukel C, Kurz O, Amtage F, Gollhofer A. Differential Reflex Adaptations Following Sensorimotor and Strength Training in Young Elite Athletes. *Int J Sports Med.* 2007 May 11; [Epub ahead of print]
82. Adkins DL, Boychuk J, Remple MS, Kleim JA. Motor training induces experience-specific patterns of plasticity across motor cortex and spinal cord. *J Appl Physiol.* 2006;101:1776-82.
83. Hess JA, Woollacott M, Shivitz N. Ankle force and rate of force production increase following high intensity strength training in frail older adults. *Aging Clin Exp Res.* 2006;18:107-15.
84. Holviala JH, Sallinen JM, Kraemer WJ, Alen MJ, Hakkinen KK. Effects of strength training on muscle strength characteristics, functional capabilities, and balance in middle-aged and older women. *J Strength Cond Res.* 2006;20:336-44
85. Wieser M, Haber P. The effects of systematic resistance training in the elderly. *Int J Sports Med.* 2007;28:59-65.
86. Paavolainen L, Hakkinen K, Hamalainen I, Nummela A, Rusko H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol.* 1999;86:1527-33.
87. Tanaka H, Swensen T. Impact of resistance training on endurance performance. A new form of cross-training? *Sports Med.* 1998;25:191-200.
88. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Reducing knee and anterior cruciate ligament injuries among female athletes: a systematic review of neuromuscular training interventions. *J Knee Surg.* 2005;18:82-8.
89. Abernethy L, Bleakley C. A systematic review of strategies to prevent injury in adolescent sport. *Br J Sports Med.* 2007 May 31; [Epub ahead of print]
90. Simoneau E, Martin A, Van Hoecke J. Adaptations to long-term strength training of ankle joint muscles in old age. *Eur J Appl Physiol.* 2007;100:507-14.
91. Tsao H, Hodges PW. Immediate changes in feedforward postural adjustments following voluntary motor training. *Exp Brain Res.* 2007;181:537-46.
92. Falla D, Jull G, Russell T, Vicenzino B, Hodges P. Effect of neck exercise on sitting posture in patients with chronic neck pain. *Phys Ther.* 2007;87:408-17.
93. Ewart CK, Stewart KJ, Gillilan RE, Kelemen MH. Self-efficacy mediates strength gains during circuit weight training in men with coronary artery disease. *Med Sci Sports Exerc.* 1986;18:531-40.
94. Chaouloff F. Physical exercise and brain monoamines: a review. *Acta Physiol Scand.* 1989;137:1-13.
95. Morgan WP. Affective beneficence of vigorous physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 1985;17:94-100.