



Styrketräning vid rehabilitering

Nedsatt muskelstyrka och muskelvolym trots långvarig knärehabilitering: kan detta undvikas? Är de krafter som uppstår i knäleden vid tung styrketräning skadliga för ett opererat knä? ”Closed” eller ”open chain”: vilken träningsform leder till snabbast styrkeökning? Knäböj med skivstång: granskning av fyra viktiga aspekter. Vi presenterar en ny klinisk metod för testning av maximal isometrisk styrka. Vilken belastning och vilken rörelsehastighet är bäst för att utveckla ”explosiv styrka”? Träningsvolym: räcker ett set eller krävs flera set per övning? Denna artikel ger en uppdatering av några av de senaste forskningsrönen kring styrketräning vid rehabilitering samt motion och idrott.



JESPER AUGUSTSSON
AVDELNINGEN FÖR
REHABILITERINGS-
MEDICIN,
GÖTEBORGS
UNIVERSITET

ROLAND THOMÉ
AVDELNINGEN FÖR
ORTOPEDISK KIRURGI,
GÖTEBORGS
UNIVERSITET

Styrketräning vid rehabilitering

I dag är styrketräning ett närmast obligatoriskt inslag vid rehabilitering av idrottsskador. Det primära målet med styrketräning vid rehabilitering är att återställa muskelstyrka och muskelvolym. Varför då? Därför att om inte styrka och muskelvolym återställs ökar risken för överansträngning eller återfallsskada. Vi har i denna artikel valt att beskriva faktorer som vi anser viktiga i samband med styrketräning vid rehabilitering, speciellt avseende knärehabilitering.

Otillräcklig rehabilitering

Efter opererad främre korsbandsskada i knäleden ansågs det fram till slutet av 1980-talet nödvändigt att under flera veckor postoperativt begränsa knäleds rörlighet och muskulär aktivitet. I dag används i stället så kallad ”aggressiv” rehabilitering, med tidig rörelseträning, tidig belastning med kroppstyngd och tidig återgång till aktivitet (10). Emellertid visar aktuella studier (19) entydigt på nedsatt muskelstyrka och muskelvolym trots långvarig (\geq ett år) ”aggressiv” rehabilitering efter opererad främre korsbandsskada. Detta anser vi kan bero på två saker: antingen är det inte möjligt för en patient att träna upp sig fullt ut, trots optimalt utformade träningsprogram. Eller så är styrketräningen otillräcklig för att återställa muskelstyrka och muskelvolym. Vi lutar åt det senare alternativet, det vill säga att det är fullt möjligt att träna upp sig efter en operation men att styrketräningen då måste vara rätt bedriven, regelbunden och långvarig. En förklaring till otillräcklig rehabilite-

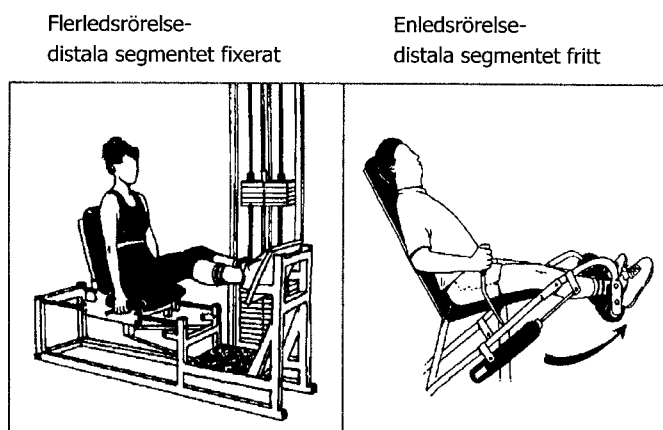
ring kan helt enkelt vara att rehabiliteringsmottagningar saknar tillräckligt med styrketräningsutrustning. Tyngdpunkten vid träning läggs i stället på funktionell träning, som exempelvis balans- och koordinationsträning och plyometriska övningar, i sig mycket viktiga kvalitéer. Programmet kommer dock att vara alltför lågintensivt muskulärt sett för att återställa muskelvolym och styrka. Detta innebär en ökad risk för återfallsskada eller överansträngning vid återgång i full aktivitet och idrott. För att återställa muskelvolym och styrka måste tung styrketräning utföras under lång tid, parallellt med funktionell träning.

Closed och open chain

När man skall styrketräna sin patient kan man använda sig av övningar i så kallad closed och open chain (Figur 1). I den senaste litteraturen rekommenderas ofta att träning vid rehabilitering skall utföras med fria vikter i closed chain, som anses vara mer ”funktionell” och ha en större överföringseffekt på funktionell prestationsförmåga (som exempelvis hoppförmåga) (30). Det primära syftet med styrketräning vid knärehabilitering är dock enligt vår mening inte att förbättra balans- och koordinationsförmåga, som vi anser tränas betydligt effektivare med exempelvis löpövningar, knälympa och plyometrisk träning. Huvudmålet med styrketräning är i stället att öka muskelstyrka och muskelvolym. Därför definierar vi ”funktionell styrketräning” som den form av styrketräning som snabbast och mest effektivt åstadkommer ökning av styrka och muskelvolym,



Closed och open chain



Figur 1. Benpress är en så kallad closed chain-övning där den involverade muskulaturen arbetar över flera leder och där det distala segmentet (foten) är fixerat. Detta skiljer sig från sittande knäextension där det distala segmentet är fritt att röra sig och där muskulaturen endast arbetar över en led, vilket medför att övningen utförs i en så kallad open chain.

oavsett om träningen bedrivits med fria vikter i closed chain eller med maskiner i open chain. Sannolikt leder en ökning av muskelstyrka och muskelvolym som ett resultat av all form av styrketräning till ökad funktionell prestationsförmåga. Intressant är att i det initiala skedet av styrketräning förefaller open chain-träning ge snabbast ökningar av styrka och muskelvolym. Vi noterade att med träning i open chain kunde träningsbelastningen ökas med 100% medan med träning i closed chain kunde belastningen bara ökas med 50% (1). I en annan studie (8) rapporterades signifikant snabbare muskeltillväxt efter open chain-träning jämfört med closed chain-träning. Förklaringen till att open chain-träning initialt resulterar i större ökningar av styrka och muskelvolym är troligtvis att closed chain-övningar är mer (tids)krävande att lära sig utföra korrekt. Open chain-träning däremot ställer små krav på balans och koordination vilket kan förmodas leda till en snabbare neural adaptation (det vill säga bättre teknik).

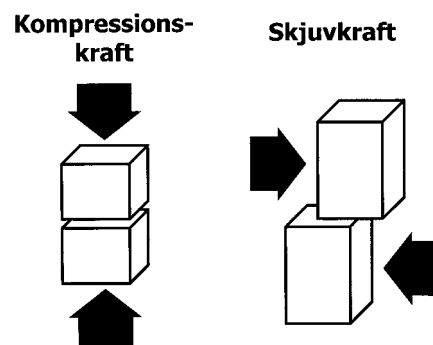
Grundprogram

Ett grundprogram för styrketräning vid rehabilitering bör bestå av en kombination av så kallade basövningar som involverar stora muskelgrupper (flerledsövningar i closed chain) samt så kallade komplementövningar (enledsövningar i open chain) där en muskel eller muskelgrupp tränas specifikt. För personer med liten träningserfarenhet och för patien-

ter är träning med styrketräningsmaskiner ofta lämpligt att börja med. Fördelen med dessa maskiner är att rörelsebanan ofta är styrd, vilket medför ökad kontroll och säkerhet. Mer komplexa övningar med fria vikter ökar kraven på balans- och koordinationsförmåga och bör efter hand läggas till programmet. Generellt bör högentensiva basövningar tränas först i träningsprogrammet när koncentration och muskulär energi är maximal. Övningar som engagerar mindre muskler placeras sålunda längre fram i programmet. Closed chain-övningar medger träning med tung belastning men "prickskjuter" ej en specifik muskel. Open chain-övningar däremot tillåter specifik träning av en muskel vilket kan vara en fördel vid rehabilitering efter skada.

Skjuv- och kompressionskrafter

Inom knärehabilitering råder en debatt i fråga om säkerhetsaspekter vid styrketräning. Denna debatt, där en del auktoriteter varnar för användandet av open chain-övningar (6), kan ha medfört osäkerhet kring eventuella risker för skador i samband med styrketräning vid rehabilitering. Det är beklagligt om patienter inte styrketränar tillräckligt på grund av att man inte vill äventyra en ny skada, eftersom rätt bedrivna styrketräning kan anses som säkra och normalt inte utgör någon risk vid rehabilitering (9). Vår erfarenhet är att risken för skada vid styrketräning under uppbyggnadsfasen normalt sett är liten. Den kritiska punkten för skada eller överansträngning anser vi



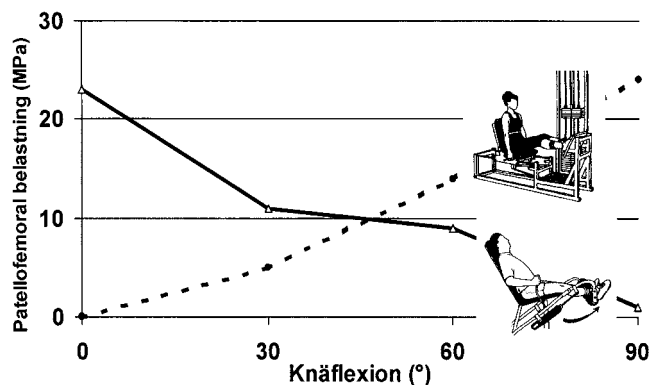
Figur 2. En kraft som är vinkelrätt riktad mot snittytan benämns kompressionskraft. Vid quadicepträning uppstår en kompressionskraft som belastar knäskålen. En kraft som verkar parallellt med snittytan kallas skjuvkraft. Det främre korsbandet i knäleden tar upp framåtriktade skjuvkrafter.

i stället infalla under nästa fas, återgångsfasen, när patienten utför tävlings- eller matchliknande moment. Vad är det då för skjuv- respektive kompressionskrafter (Figur 2) som uppstår i knäleden vid styrketräning? De skjuvkrafter som belastar det främre korsbandet i knäleden har rapporterats vara försumbara oavsett om styrketräningen bedrivits i closed chain (knäböj med skivstång och benpress) eller open chain (knäextension i maskin) (13). Däremot noterades relativt höga patellofemorala kompressionskrafter (det vill säga belastningen på knäskålen) vid träning vid styrketräning i både closed och open chain, drygt fyra gånger kroppsvikten (13). Steinkamp et al. (29) noterade dock att det var möjligt att förhindra en hög belastningen på knäskålen vid såväl closed som open chain-träning (sittande knäextension respektive benpress). Detta åstadkoms genom att vid open chain-träning undvika att utföra de sista 20-30° av knäextension, respektive, att undvika att utföra benpressövningen djupare än cirka 60° knäflexion vid closed chain-träning (Figur 3).

Knäböj med skivstång

Vanligtvis framställs knäböj med skivstång på två olika sätt: förespråkare anser att denna övning är en hörnsten vid styrketräning och knärehabilitering. Motståndare till knäböj med skivstång hävdar i stället att den är skadlig för knälederna. Vi vill nyansera bilden av knäböj med skivstång som antingen bra eller dålig genom att belysa fyra bety-

Patellofemoral belastning vid closed och open chain



Figur 3. Enligt Steinkamp et al. (29) är det möjligt att minska den patellofemorala kompressionskraft (det vill säga knäskålsbelastning) som uppstår vid styrketräning. Vid closed chain träning, i det här fallet benpress, ökar kompressionskraften med ökad knäflexion. Det omvända sker vid open chain träning, sittande knäextension, där kompressionskraften minskar med ökad knäflexion.



Bild 1. Knäböj med skivstång. Vi diskuterar fyra aspekter: fotställning, rörelsehastighet, djupet med vilket knäböj utförs samt skivstångens placering på axlarna (Foto: Roland Thomeé).

delsefulla aspekter: fotställning, rörelsehastighet, djupet med vilket knäböj utförs samt skivstångens placering på axlarna (Bild 1).

Fotställning och rörelsehastighet

Huruvida knäböj med skivstång utförs med bred, medelbred eller smal fotställning förefaller ha betydelse för de krafter som belastar knäleden, där en smal fotställning åstadkom större belastningar jämfört med bred eller medelbred fotställning (12). Beträffande rörelsehastighet har noterats att styrkelyftare av hög kaliber utförde den excentriska fasen av knäböj långsammare jämfört med mer ordinära styrkelyftare (23). Detta är en betydelsefull rehabiliteringsaspekt eftersom studier rapporterat att signifikant högre skjuv-

och kompressionskrafter genereras i knäleden när knäböj utförs med hög jämfört med låg rörelsehastighet (18). De större skjuv- och kompressionskrafterna vid en knäböj utförd med hög hastighet uppstår eftersom en snabb excentrisk rörelse kräver högre bromskraft av höft- och knäextensorer för att sakta in och stanna vikten i slutet av rörelsen.

Olika djup vid knäböj

Knäböj med skivstång kan delas in på tre sätt beroende på till vilket djup den utförs. "Halva" knäböj utförs i rörelseomfånget mellan 0 och 50° knäflexion. "Parallella" knäböj innebär att låren är parallella med golvet (mellan 90 och 110° knäflexion). "Djupa" knäböj brukar definieras som att baksidan av låret kommer i kontakt med vaden, något som normalt sker vid mellan 130 och 150° knäflexion. Halva knäböj kan anses vara lämpliga i den initiala uppbyggnadsfasen vid knärehabilitering eftersom endast låga krafter genereras i knäleden. Emellertid ökar muskelaktiviteten med ökande knäflexion (13), varför målet vid rehabilitering således bör vara att patienten längre fram i rehabiliteringen förmår utföra parallella knäböj. Parallella knäböj är den vanligaste formen av knäböj bland kraftsportare och bland idrottare i allmänhet. Quadricepsmuskelns högsta aktivitet vid knäböj har noterats inträffa kring 80-90° knäflexion (34). Vid djupa knäböj har quadriceps aktivitet rapporterats förbli tämligen konstant efter att 80-90° knäflexion uppnåtts (31). Sålunda, en större knäflexion än den som åstadkoms vid

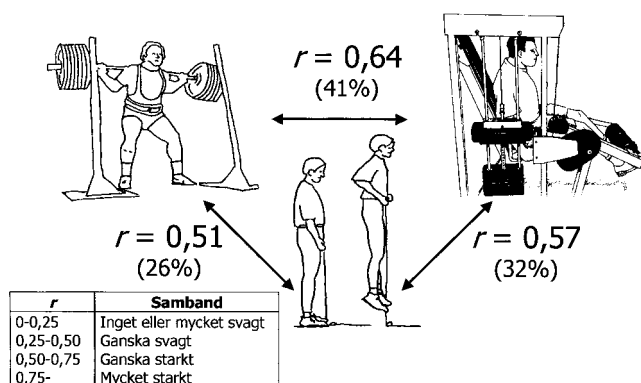
parallella knäböj skulle teoretiskt inte ge ökad muskelstyrka och muskelvolym av quadriceps. Djupa knäböj tränas framförallt av tyngdlyftare, eftersom en liknande form av djupa knäböj i tävlingsammanhang utförs under stötmomentet. Även många kroppsbyggare tränar med djupa knäböj. Då både tyngdlyftare och kroppsbyggare ofta karakteriseras av en mycket god utveckling av quadriceps (beträffande muskelstyrka och muskelvolym) talar detta för att djupa knäböj är betydelsefulla för optimal quadricepsutveckling. I litteraturen råder fortfarande oenighet huruvida djupa knäböj kan åstadkomma instabilitet i knäleden genom uttöjning av ligament eller orsaka besvär från den patellofemorala leden. Tydligt är att djupa knäböj utförda med hög excentrisk rörelsehastighet, såsom vid tyngdlyftning, genererar stora belastningar på knäleden. Studier har dock visat att tyngdlyftare uppvisade stabilare knäleder jämfört med personer som inte styrketränar (12). Djupa knäböj utförda med hög excentrisk rörelsehastighet kan dock inte rekommenderas för personer med någon form av knäbesvär.

Skivstångens placering

Det är av betydelse huruvida skivstång placeras högt eller lågt på axlarna vid knäböj. Styrkelyftare placerar normalt skivstången lågt på axlarna vid knäböj (cirka fem cm nedanför skulderhöjd) och har en större fällning framåt av bålen, medan tyngdlyftare i stället använder en hög placering av skivstången på axlarna (i höjd med eller något ovanför skulderhöjd) där bålen förblir mer upprätt. Den huvudsakliga orsaken till styrkelyftarnas låga placering av skivstången är att en tyngre vikt då kan lyftas. Detta förklaras av att kraftfulla höft- och bällextensorer är mer involverade, samtidigt som vridmomentet över knäleden minskar. En låg placering av skivstången vid knäböj kan inledningsvis vara lämpligt vid knärehabilitering för att minska patellofemorala kompressionskrafter. Tyngdlyftare använder en hög placering av skivstången därför att det påminner mer om den form av knäböj som utförs under stötmomentet. En hög placering av skivstången på axlarna leder till mer utveckling av quadriceps och mindre utveckling av höft- och bällextensorer. Av detta skäl använder också kroppsbyggare normalt sett en hög placering av skivstången på axlarna. Sammanfattningsvis kan sägas att bero-

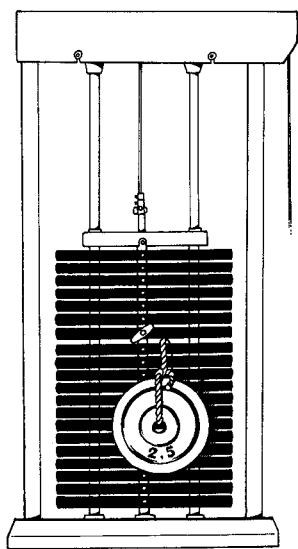


Closed vs. open chain-testning



Figur 4. Sambandet mellan hoppförmåga och muskelstyrka (2). Muskelstyrkan mätt i closed chain skiljde sig inte från open chain beträffande samband till hoppförmåga. Inom parentes anges determinationskoefficienten, det vill säga hur stor del av variationerna i den beroende variabeln (hoppförmåga) som kan förklaras av den oberoende variabeln (muskelstyrka). Exempelvis kunde hoppförmåga till 32% förklaras av sittande knäextensionsstyrka. Detta innebar att hoppförmåga till övervägande del (68%) kunde förklaras av andra faktorer, exempelvis teknik.

ende på vad målet med att träna knäböj med skivstång är, så har fotställning, rörelsehastighet, djupet med vilket knäböj utförs samt skivstångens placering på axlarna stor betydelse. Vid knärehabilitering är målet med knäböj med skivstång att åstadkomma ett stabilt knä. Följaktligen bör knäböj med skivstång utföras så att knänära muskulatur involveras i så stor utsträckning som möjligt. En parallell knäböj med relativt bred fotställning, låg excentrisk rörelsehastighet, och med skivstången högt placerad på axlarna kan därför rekommenderas.



Figur 5. Princip för mätning av maximal isometrisk styrka med hjälp av en konventionell styrketränningsmaskin (5). När försökspersonen vid muskelaktivering lyckades rubba testvikten föll snöret ur viktmagasinet och försöket godkändes. Om snöret inte fallit ur viktmagasinet inom fem sekunder avbröts och underkändes försöket.

Closed och open chain-styrketest

Det är vanligt att återgång i full aktivitet inte tillåts förrän maximal muskelstyrka i det skadade benet är 90% av det friska benet (ofta mätt över en led i en open chain). Detta resonemang är dock långt ifrån självklart ur ett funktionellt perspektiv då endast ett lågt till måttligt samband mellan open chain-muskelstyrka och exempelvis hoppförmåga rapporterats. Vi undersökte därför om closed chain-styrketest (knäböj med skivstång) hade en större förmåga att spegla funktionell prestationsförmåga (vertikalhopp) jämfört med open chain-styrketest (isokinetisk knäextension) (2). Vår arbetshypotes var att sambandet mellan ett closed chain-styrketest och funktionell prestationsförmåga skulle vara starkare jämfört med ett open chain-styrketest. Resultatet visade emellertid ett måttligt starkt samband mellan styrketesten i closed och open chain och hoppförmåga ($r=0,51$ respektive $r=0,57$) (Figur 4). De båda styrketestesten skiljde sig inte från varandra beträffande förmåga att bedöma hoppförmåga. Slutsatsen av studien var att muskelstyrketest bör göras i både closed och open chain samt kompletteras med funktionella test (exempelvis olika hopptest) vid utvärdering av effekten av träning eller rehabilitering.

Nytt isometrisk test

Maximal isometrisk (statisk) muskelstyrka anses vara en viktig och grundläggande förutsättning, bland annat för idrottslig prestationsförmåga (32). Oavsett vilken styrkeaspekt som skall

förbättras eller återställas hos en individ, (exempelvis styrka relativ till kroppsvikt eller explosiv styrka) bör således maximal isometrisk styrka tränas och testas. Trots detta finns i dag inga enkla, kliniska metoder för mätning av maximal isometrisk styrka. Detta kan bero på att styrketränningsmaskiner på kliniken eller träningslokalen hittills inte tillåtit något annat test av maximal styrka än 1 repetitioner maximum (1 RM) (som är ett mått på maximal koncentrisk styrka). I stället krävs mer avancerad utrustning, ofta endast tillgänglig vid laboratorium, för mätning av maximal isometrisk muskelstyrka. Sålunda anser vi att det finns ett behov att utveckla en metod att på ett enkelt sätt (det vill säga utan laborieutrustning) utföra test av maximal isometrisk styrka. Därför genomförde vi en studie där syftet var att utveckla och reliabilitets-testa en ny metod för mätning av maximal isometrisk styrka med hjälp av en konventionell styrketränningsmaskin (5). Trettio försökspersoner utförde maximal isometrisk knäextension i en styrketränningsmaskin. Ett kraftigt snöre, sammanbundet med en 2,5 kgs vikt, placerades mellan två plattor i viktmagasinet (Figur 5). När försökspersonen vid muskelaktivering lyckades rubba testvikten föll snöret ur viktmagasinet och försöket godkändes. En minimal rörelse (<1 mm) mellan viktplattorna krävdes för att snöret skulle avlastas och falla ur viktmagasinet. Belastningen ökades med 2,5-10 kg vid varje framgångsrikt försök. Om snöret inte fallit ur viktmagasinet inom fem sekunder avbröts och underkändes försöket. Fastän det faktiskt skedde en minimal rörelse i knäleden vid ett godkänt försök ansåg vi ändå testet vara av isometrisk natur. Detta på grund av att det sista lyckade försöket normalt krävde flera sekunders maximal aktivering innan vikten rubbades så pass mycket att snöret föll ur viktmagasinet. Test-retest reliabiliteten för testet var mycket hög. Sammanfattningsvis var mätning av maximal isometrisk styrka med hjälp av en konventionell styrketränningsmaskin ett reliabelt och enkelt kliniskt test. Detta test anser vi kan användas som ett komplement till traditionell 1 RM-testning för att utvärdera effekten av rehabiliterings- eller träningsinterventioner.

Koncentrisk hastighet

Huruvida den koncentriska fasen vid styrketräning skall utföras snabbt eller långsamt råder det delade meningar



om. Långsamt koncentriskt utförande av en styrketränningsövning anses av en del styrketränare som gynnsamt för muskeltillväxt. Det finns dock inga vetenskapliga studier som stödjer denna teori. Jones et al. (21) mätte koncentrisk rörelsehastighet vid bänkpress hos personer som utförde varje repetition med maximal koncentrisk acceleration jämfört med normal (självvald) rörelsehastighet. Resultatet visade en tydlig skillnad i rörelsehastighet mellan de olika träningsätten vid träning med en belastning motsvarande 50% av 1 RM. Denna skillnad jämnades dock ut vid träning med 75 och 90% av 1 RM.

Ibland rapporteras i studier att en bestämd rörelsehastighet använts vid isoton styrketräning eller testning. Emellertid noterade Jones et al. (21) att den koncentrisk rörelsehastigheten minskade från den första till den sista repetitionen vid träning med en intensitet som motsvarade 50, 75 och 90% av 1 RM. Detta innebär att användandet av en bestämd arbetstakt (med hjälp av exempelvis en metronom) endast förefaller lämpligt vid en submaximal aktivitet som exempelvis gång. Sammanfattningsvis kan sägas att träning med 75 till 90% av 1 RM kräver att varje repetition utförs med nära nog maximal koncentrisk hastighet, och att rörelsehastigheten minskar från den första till den sista repetitionen. En träningsbelastning som understiger cirka 70% av 1 RM är i regel otillräcklig för att öka muskelstyrka och muskelvolym (15). Om en person kan välja att utföra den koncentrisk delen av rörelsen snabbt eller långsamt så betyder det sålunda att belastningen på övningen bör ökas, om syftet med träningen är ökad muskelstyrka och muskelvolym.

Hastighets-specifitet

Många tränare och idrottare anser att styrketräning för bästa resultat bör ske med motsvarande rörelsehastighet som krävs vid den aktuella idrottsgrenen. För de flesta idrotter innebär detta en hög rörelsehastighet. Vid styrketräning i syfte att utveckla höghastighetsstyrka anses därför ofta en låg belastning (cirka 30% av 1 RM) och en relativt hög rörelsehastighet som mest effektiv (35). Emellertid föreslog Young och Bilby (36) att det var möjligt att förbättra höghastighetsstyrka även vid tung styrketräning under förutsättning att den koncentrisk delen av rörelsen utfördes med maximal acceleration (vilket Jones et al. (21) rapporterat

skedde automatiskt vid intensiv träning nära 1 RM). Denna teori stöds av Behm och Sale (3) som jämförde ett isometriskt träningsprotokoll, där varje aktivering utfördes så snabbt som möjligt, med isokinetisk höghastighetsträning (300°/s). Grupperna ökade sin höghastighetsstyrka lika mycket oavsett träningsätt. Författarnas slutsats var att det var intentionen att utföra varje repetition med högsta möjliga hastighet, oavsett belastningens storlek, som var av betydelse för att utveckla höghastighetsstyrka.

Sammanfattningsvis förefaller höghastighetsstyrka möjlig att förbättra även med intensiv styrketräning nära 1 RM där rörelsehastigheten är låg, och faktiskt också med isometrisk träning. Detta förklaras troligtvis av att fastän rörelsehastigheten är mycket långsam vid intensiv styrketräning nära 1 RM, så aktiveras ”snabba” typ II-muskelfibrer, det vill säga de högröskliga fibrerna som rekryteras för att accelerera kroppen eller ett motstånd till största möjliga hastighet på kortast möjliga tid. Förmågan att utveckla en given kraft så snabbt som möjligt har noterats vara mycket god hos kulstötare och tyngdlyftare (26). Med vetskap om hur dessa idrottare styrketränar, vanligen med höga belastningar nära 1 RM, tycks tung styrketräning vara effektivare jämfört med ”explosiv” styrketräning med låg belastning, om målet med träningen är att förbättra förmågan att snabbt utveckla kraft.

Träningsvolym

Ett kontroversiellt ämne vid styrketräning är träningsvolymen, det vill säga det antal set (omgångar) per övning som krävs för att på bästa sätt öka muskelstyrka och muskelvolym. Den övervägande uppfattningen tycks vara att det krävs minst tre set per övning för att åstadkomma optimala ökning av styrka och muskelvolym (15,30). Emellertid kan de flesta studier där styrketräning utfördes med ett set jämfört med flera set inte bekräfta denna åsikt. Faktum är att vid 33 av 35 studier noterades lika stora ökning av styrka och muskelvolym oavsett om deltagarna styrketränat med ett eller flera set (7). Dessa studier begränsas dock av att deltagarna bestått av otränade försökspersoner som tränat under en kortvarig period (4-24 veckor) vilket står i kontrast till normal styrketräning som bedrivs under många månader eller år. I det senare fallet gör många gällande att träningsvolymen med tiden måste stegras för att åstadkomma fort-

sätta ökning av styrka och muskelvolym. En aktuell studie (17) där effekten av ett eller tre set jämfördes tog dock fasta på problemet med otränade försökspersoner och undersökte sålunda vana styrketränare (i medel sex års erfarenhet). I denna studie noterades lika stora ökning av styrka och muskelvolym oavsett om träningen utfördes med ett eller tre set. Resultatet visade alltså att träning med endast ett set per övning var effektivt även hos vana styrketränare och att en ökad träningsvolym inte ledde till större ökning av styrka och muskelvolym. Detta får anses vara viktig ny kunskap att beakta vid uppläggning av tränings- och rehabiliteringsprogram i syfte att öka muskelstyrka och muskelvolym.

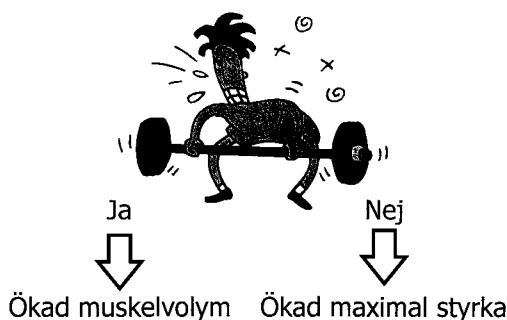
Sammanfattningsvis råder oenighet i uppfattningen om vilken träningsvolym som krävs för att på bästa sätt öka muskelstyrka och muskelvolym. Aktuell forskning föreslår att för den genomsnittlige personen som börjar styrketräna kan ett set per övning rekommenderas jämfört med flera set av den orsaken att ett set per övning är mindre tidskrävande och effekten av träning likvärdig (14). Fler undersökningar krävs innan man med säkerhet kan uttala sig om vilken träningsvolym den vane styrketränaren bör använda sig av. Det är dock inte självklart att en ökning av antalet set per övning automatiskt leder till eller krävs för ökad muskelstyrka och muskelvolym hos den vane styrketränaren.

Träningsfrekvens

Frågan hur ofta varje muskelgrupp skall styrketränas per vecka framfördes av åhörare på Bosöns styrketränningskonferens. En åsikt är att så mycket som tre till fyra träningstillfällen per muskelgrupp och vecka är en lämplig frekvens med avseende på återhämtning, framförallt för vana styrketränare (15). Inom kroppsbyggnad har dock utvecklingen på många håll gått från två pass per muskelgrupp och vecka till endast ett pass per muskelgrupp och vecka. Vissa kroppsbyggare tränar numera varje muskelgrupp med ännu längre tidsintervall, endast var nionde eller tionde dag. Detta indikerar att det krävs lång återhämtning efter intensiv styrketräning för att maximal muskeltillväxt skall åstadkommas. Vid Per Teschs föreläsning på styrkekonferensen redovisades att en måttlig dos styrketräning, och i övrigt total avlastning (för att simulera viktlöshet), resulterade i muskeltillväxt (se artikel på annan plats i denna tidskrift). Detta



Skall man bli trött när man styrketränar?



Figur 6. Skall man bli trött när man styrketränar? Svar: ja eller nej, beroende på om det i första hand är hypertrofi eller ökning av maximal styrka som är målet med träningen.

talar för kroppsbyggarnas träningsmetod med en lång återhämtningsperiod.

Studier (4) har visat att kombinerad styrke- och uthållighetsträning kan ha en dämpande effekt på resultatet av styrketräning. Emellertid är samtidig styrke- och uthållighetsträning mycket vanlig bland idrottare idag. Vi anser att det finns två problem med detta. För det första finns en risk att tiden för återhämtning blir otillräcklig, vilket kan leda till att effekten av styrketräningen inte blir optimal. För det andra resulterar ofta tung styrketräning i nedsatt prestationsförmåga (som en följd av träningsvärk och muskelsstelhet) dagen eller dagarna efter ett styrketräningsspass. Under denna period finns sannolikt en ökad risk för skador när idrottaren genomför "vanlig" träning eller match. Att framöver studera vad som är optimal längd på återhämtningsperioden i samband med styrketräning, i synnerhet i kombination med uthållighetsträning, anser vi vore värdefullt.

Muskeltrötthet

Skall man bli trött när man styrketränar (Figur 6)? I litteraturen råder oenighet huruvida trötthet, det vill säga oförmåga att bibehålla en viss intensitet eller frekvens, bidrar till ökning av muskelvolym och maximal muskelstyrka. Rooney et al. (25) rapporterade att sammanhängande repetitioner vid styrketräning resulterade i större styrkeökningar jämfört med när en paus gjordes mellan varje repetition och hävdade att uttröttningsstimuli i sig utgjorde ett stimuli för muskeltillväxt. Schott et al. (27) observerade att större muskelvolym- och styrkeökningar åstadkoms med styrketräning där långa, uttröttande aktiveringar utfördes jämfört med kortvariga, intermittenta akti-

veringar. Dessa resultat stöds dock inte av Pincivero et al. (24) som fann att en lång paus mellan varje set ledde till större ökning av muskelstyrka. Empiriska erfarenheter talar dock för att det är av betydelse att träningen leder till uttröttningsom syftet är att uppnå maximal muskeltillväxt. Tesch (33) noterade att kroppsbyggare, som karakteriseras av stor muskelvolym, måste "plåga sig själva" (det vill säga träna varje set till utmattning) för att nå framsteg. Träningsbelastningen som används av kroppsbyggare är normalt 8-12 RM, medan viloperioden mellan varje set är relativt kort (en till två minuter). Enligt RM-trappan motsvarar 10 RM cirka 70 till 80% av 1 RM. Omedelbart efter ett set med en belastning som motsvarar 10 RM har sålunda den maximala styrkan reducerats med 20 till 30%. Med denna träningsprincip åstadkoms på så sätt en ganska betydande grad av uttröttningsom syftet är att öka maximal muskelstyrka, är däremot trötthet inte något önskat inslag i träningen. För att undvika de negativa effekterna av trötthet (det vill säga minskad maximal styrka) utförs styrkelyftsträning normalt med lång vila mellan varje set (ofta fem minuter eller mer). Träningen bedrivs med tung belastning, normalt kring 1-5 RM. Enligt RM-trappan motsvarar 5 RM cirka 90% av 1 RM. Detta innebär att styrkelyftare många gånger efter ett avslutat träningspass inte har tullat nämnvärt på sina kraftreserver, eftersom de "har kvar" cirka 90% av sin maximala styrka. Sammanfattningsvis råder dock oenighet huruvida det är viktigt att styrketräningen leder till uttröttningsom syftet är att åstadkomma ökning av muskelvolym och muskelstyrka.

Excentrisk styrketräning

Excentrisk styrketräning skiljer sig från vanlig koncentrisk-excentrisk styrketräning genom att en belastning som är större än koncentriskt 1 RM används. Excentrisk styrketräning kan åstadkommas med olika träningsmaskiner genom att en belastning som är större än koncentriskt 1 RM lyfts med båda armarna eller båda benen och sedan sänks ned (excentrisk fas) med endast en arm eller ett ben. Excentrisk träning kan också utföras genom att en träningspartner hjälper till att lyfta en belastning som är större än 1 RM medan den efterföljande excentriska delen av rörelsen sker utan assistans av träningspartner. Även isokinetiska dynamometrar, exempelvis Kin-Com och Cybex, medger excentrisk träning. På Bosön i Stockholm, som är Riksidrottsförbundets utvecklingscenter, har Bromsman utvecklat för excentrisk och/eller koncentrisk-excentrisk träning (16). Bromsman är en konstruktion som medger träning med höga belastningar (upp till drygt 500 kg) och består av en vanlig skivstång som höjs och sänks med vajrar via ett hydrauliksystem.

Styrkeökningar

Vid normal styrketräning med både koncentrisk och excentrisk aktivering har större ökning av excentrisk och koncentrisk styrka noterats jämfört med om endast den koncentrisk delen av rörelsen utförts (11). Detsamma gäller vid isokinetisk träning, det vill säga koncentrisk-excentrisk träning har observerats resultera i större ökning av styrka jämfört med enbart koncentrisk träning (22). Smith och Rutherford (28) noterade signifikant större ökning av isometrisk styrka efter koncentrisk jämfört med excentrisk styrketräning. Higbie et al. (20) rapporterade inte oväntat att isokinetisk excentrisk träning var effektivare att förbättra excentrisk styrka medan koncentrisk träning mer effektivt ökade koncentrisk styrka. Enligt vår åsikt intressantare frågeställning är emellertid följande: resulterar excentrisk träning (som tillåter högre träningsbelastningar) i större eller snabbare förbättringar av styrka jämfört med vanlig koncentrisk-excentrisk styrketräning? Anmärkningsvärt nog känner vi inte till några studier där effekten av excentrisk styrketräning jämförts med traditionell koncentrisk-excentrisk styrketräning. Sammanfattningsvis saknas fortfarande belägg att hävda att excentrisk träning resulterar i större ökning av mus-



kelstyrka och muskelvolym jämfört normal koncentrisk-excentrisk träning. Detta trots otaliga studier där effekten av excentrisk träning har undersökts. Fler jämförande studier av excentrisk jämfört med koncentrisk-excentrisk styrketräning vore därför av värde för en ökad kunskap i denna fråga. Beträffande excentrisk styrketräning för patienter med hälsenebesvär har på senare år rapporterats goda resultat. Dessa studier avhandlas utförligt på annan plats i denna tidskrift.

Sammanfattning

Vi konstaterar att patienter trots långvarig knärehabilitering många gånger inte återfår full muskelstyrka och muskelvolym, vilket får anses otillfredsställande eftersom detta sannolikt ökar risken för skada eller överansträngning. Otillräcklig rehabilitering anser vi till stor del kan förklaras av att patienterna styrketränar under en för kort tidsperiod och med för låg intensitet, och av att brister finns i valet och utförandet av styrketränningsövningar. Vidare konstateras att rätt bedriven styrketräning kan anses som säker och normalt inte utgör någon risk för skada eller överansträngning vid rehabilitering. Dessutom förefaller snabbast ökning av styrka och muskeltillväxt i det initiala skedet av styrketräning ske med open chain-träning. Det finns ett behov av att utveckla tränings- och utvärderingsmetoder vid rehabilitering, och vi har i denna artikel beskrivit en ny metod att på ett enkelt sätt utföra test av maximal isometrisk styrka. Slutligen kan sägas att målet med styrketräning vid knärehabilitering är att åstadkomma ett stabilt knä. Goda kunskaper beträffande bland annat övningsval, utförande, träningsfrekvens och träningsvolym är av stor betydelse för att lyckas med detta mål.

Referenser

1. Augustsson J, Esko A, Thomee R, Svanteson U. Weight training of the thigh muscles using closed vs. open kinetic chain exercises: a comparison of performance enhancement. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;27(1):3-8.
2. Augustsson J, Thomee R. Ability of closed and open kinetic chain tests of muscular strength to assess functional performance. *Scand J Med Sci Sports* 2000;10(3):164-8.
3. Behm DG, Sale DG. Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *J Appl Physiol* 1993;74(1):359-68.
4. Bell GJ, Syrotuik D, Martin TP, Burnham R, Quinney HA. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur J Appl Physiol* 2000;81(5):418-27.
5. Bruno M, Swärd J, Augustsson J, Thomee R. Development of a new method of testing maximal isometric strength using a conventional weight machine. Submitted.
6. Bynum BE, Barrack RL, Alexander AH. Open versus closed chain kinetic exercises after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1995;23:401-6.
7. Carpinelli RN, Otto RM. Strength training. Single versus multiple sets. *Sports Med* 1998;26(2):73-84.
8. Chilibeck PD, Calder AW, Sale DG, Webber CE. A comparison of strength and muscle mass increases during resistance training in young women. *Eur J Appl Physiol* 1998;77(1-2):170-5.
9. Cohen ZA, Roglic H, Grelsamer RP, Henry JH, Levine WN, Mow VC, Ateshian GA. Patellofemoral stresses during open and closed kinetic chain exercise. *Am J Sports Med* 2001;29(4):480-7.
10. De Carlo M, Sell K. The effects of the number and frequency of physical therapy treatments on selected outcomes in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997;6:332-9.
11. Dudley GA, Tesch PA, Miller BJ, Buchanan P. Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. *Aviat Space Environ Med* 1991;62(6):543-50.
12. Escamilla RF. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(1):127-41.
13. Escamilla RF, Fleisig G, Zheng N, Barrentine S, Wilk K, Andrews J. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Med Sci Sports Exerc* 1998;4:56-69.
14. Feigenbaum MS, Pollock ML. Prescription of resistance training for health and disease. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(1):38-45.
15. Fleck SJ, Kraemer WJ. *Designing Resistance Training Programs* (2nd ed), Champaign, IL: Human Kinetics Publishers; 1997.
16. Gullstrand L, Larsson L, von Oelreich T, Eriksson D, Frohm A. Tung excentrisk/koncentrisk styrketrännings inverkan på s k diffusa knäproblem. *Svensk Idrottsforskning* 1998;4:14-9.
17. Hass CJ, Garzarella L, de Hoyos D, Pollock ML. Single versus multiple sets in long-term recreational weightlifters. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(1):235-42.
18. Hattin HC, Pierrynowski MR, Ball KA. Effect of load, cadence, and fatigue on tibiofemoral joint force during a half squat. *Med Sci Sports Exerc* 1989;21(5):613-8.
19. Hiemstra LA, Webber S, MacDonald PB, Kriellaars DJ. Knee strength deficits after hamstring tendon and patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(8):1472-9.
20. Higbie EJ, Cureton KJ, Warren GL 3rd, Prior BM. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *J Appl Physiol* 1996;81(5):2173-81.
21. Jones K, Hunter G, Fleisig G, Escamilla R, Lemak L. The effects of compensatory acceleration on upper-body strength and power in collegiate football players. *J Strength Cond Res* 1999;13:99-105.
22. Lacerte M, deLateur BJ, Alquist AD, Questad KA. Concentric versus combined concentric-eccentric isokinetic training programs: effect on peak torque of human quadriceps femoris muscle. *Arch Phys Med Rehabil* 1992;73(11):1059-62.
23. MacLaughlin TM, Dillman CJ, Lardner TJ. A kinematic model of performance in the parallel squat by champion powerlifters. *Med Sci Sports Exerc* 1977;9:128-33.
24. Pincivero DM, Lephart SM, Karunakara RG. Effects of rest interval on isokinetic strength and functional performance after short-term high intensity training. *Br J Sports Med* 1997;31:229-34.
25. Rooney K, Herbert R, Balnave R. Fatigue contributes to the strength training stimulus. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26:1160-4.
26. Schmidtbleicher D. *Maximalkraft und bewegungsschnelligkeit*. Limpert Verlag, Bad Homburg, 1980.
27. Schott J, McCully K, Rutherford OM. The role of metabolites in strength training. II. Short versus long isometric contractions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995;71(4):337-41.
28. Smith RC, Rutherford OM. The role of metabolites in strength training. I. A comparison of eccentric and concentric contractions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995;71(4):332-6.
29. Steinkamp LA, Dillingham MF, Markel MD, Hill JA, Kaufman KR. Biomechanical considerations in patellofemoral joint rehabilitation. *Am J Sports Med* 1993;21(3):438-44.
30. Stone MH, Collins D, Plisk S, Haff G, Stone ME. Training principles: Evaluation of modes and methods of resistance training. *J Strength Cond Res* 2000;22(3):65-76.
31. Stuart MJ, Meglan DA, Lutz GE, Growney ES, An KN. Comparison of intersegmental tibiofemoral joint forces and muscle activity during various closed kinetic chain exercises. *Am J Sports Med* 1996;4(6):792-9.
32. Tan B. Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. *J Strength Cond Res* 1999;13(3):289-304.
33. Tesch PA. Training for bodybuilding. In: Komi PV, ed. *Strength and Power in Sport*. Oxford: Blackwell Scientific; 370-80; 1992.
34. Wilk K, Escamilla R, Fleisig G, Barrentine S, Andrews J, Boyd M. A comparison of tibiofemoral joint forces and electromyographic activity during open and closed kinetic chain exercises. *Am J Sports Med* 1996;24:518-27.
35. Wilson G, Newton R, Murphy A, Humphries B. The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:1279-86.
36. Young W, Bilby G. The effect of voluntary effort to influence speed of contraction of strength, muscular power, and hypertrophy development. *J Strength Cond Res* 1993;7:172-8.