



Inledning i styrketräning – utgångspunkter och utvecklingslinjer

Styrketräning bygger på en stabil grund huvudsakligen vilande på beprövad erfarenhet. Efterhand har allt fler vetenskapligt baserade byggstenar kunnat läggas. Förutom att förklara resultat uppnådda med befintliga träningsmodeller bör vetenskapliga rön utnyttjas för att konstruera nya och mer ändamålsenliga sådana. Syftet med denna artikel är att erinra om en del basala biomekaniska och neuromuskulära utgångspunkter för träning och mätning av styrka samt peka på några aktuella utvecklingslinjer vad gäller forskning med relevans för styrketräning.



ALF THORSTENSSON

Den senaste tioårsperioden har präglats av en ökad insikt om värdet av styrketräning inte bara för idrotten utan även inom åldringsvård, rehabilitering och skadeprevention. Detta har också stimulerat till mer forskning inom området. Fortfarande är dock de riktigt vederhäftiga träningsstudierna få, mycket beroende på svårigheten att genomföra bra träningsstudier, med god kontroll över samtliga variabler och försökspersoner (10).

Styrketräning, liksom all övrig träning, bygger på kroppens förmåga att anpassa sig till ökad belastning. Träningsbarheten i styrkeavseende har visat sig vara stor oavsett faktorer som ålder och kön, men naturligtvis finns begränsningar satta av ärftliga anlag, utgångsläget vid träningens början, etc. Det är väl känt att en i stort sett identisk träning kan leda till stora skillnader i resultat mellan individer med till synes likartade förutsättningar. Att identifiera de individuella faktorer som avgör träningsbarhet är fortfarande en stor utmaning för forskarna.

Här kan sannolikt studier av regleringen av proteinsyntesen i muskelcellerna på sikt innebära ett genombrott (2). Redan nu kan man dock slå fast att träningsbelastningens storlek, träning-

ens utformning och förväntningarna på träningsresultat måste anpassas till den träningsstatus och prestationsförmåga som personen i fråga har då träningen inleds.

I det närmast följande kommer några grundläggande styrketräningssprinciper att beskrivas med vissa vidhängande kommentarer som antyder kunskapsläget, därefter beskrivs på motsvarande sätt vägar att karakterisera och utvärdera styrkeutveckling, träningsutformning och träningseffekter.

Överbelastning

För att en anpassning till styrketräning skall ske krävs en belastning som överstiger den som man normalt utsätts för i sitt dagliga liv. För att dosera träningsbelastningen behöver man i regel veta vad man maximalt klarar av i den aktuella övningen. Oftast uttrycker man detta som 1 RM (one repetition maximum) dvs den belastning man kan klara av en enda gång. En annan vanlig benämning på maximal styrka är MVC (maximal voluntary contraction). MVC skulle, utan vidare specificering, kunna betyda maximal viljemässig styrka i vilken situation som helst, men i de allra flesta fall har MVC kommit att

Foto: Peter Jigerström





innebära maximal viljemässig isometrisk (statisk) styrka, dvs styrkan i en given kroppsposition.

Kravet på att få fram en "sann" maximal styrkeutveckling kan ibland vara svårt att uppfylla beroende på, till exempel, ovana hos försökspersonen eller smärta, eller rädsla för smärta, hos patienten. Praktiskt kan man försöka komma runt detta genom att ge möjlighet till ordentligt tillvänjning och övning samt verbal uppmuntran under själva mätningen. Ett objektivi sätt att försöka komma åt problemet med "maximalitet" är att på den förmodat maximala viljemässiga kontraktionen lägga en kortvarig elektrisk stimulering, s.k. twitch interpolation. Orsakar denna en ökning av styrkan vet man att personen inte aktiverade muskeln fullt ut. Problem med denna teknik kan uppstå t.ex. när det handlar om stora muskler som är svåra att helt och hållet aktivera med elektrisk stimulering eller genom att stimuleringen även kan sprida sig över till antagonistiskt verkande muskler. Vidare tycks ofta en marginal till full aktivering föreligga även i normalfallet, trots att man tar i allt man kan. En minskning i kraftökning (twitch) med elektrisk stimulering ses ofta efter styrketräning, vilket tolkas som att träningen påverkat neuronala mekanismer så att man viljemässigt förmår aktivera muskeln mer.

När väl den maximala viljemässiga styrkan etablerats på ett nöjaktigt sätt, kan träningsbelastningen vid styrketräningen sättas i relation till denna. Värderna på 50-60% av den maximala styrkan brukar anges som ett minimum för att man över huvud taget skall få en styrketräningseffekt. Den relativa belastningen uttrycks då som % av 1 RM eller % av MVC, alternativt som hur många gånger man högst kan upprepa en övning med en viss belastning, till exempel 6 RM, vilket betyder att belastningen valts så att övningen kan utföras 6 gånger i följd, inte fler. Den relativa belastningen brukar ofta anges som träningens "intensitet".

Upprepning

All träning kräver upprepning för att ha någon verkan. Exakt hur den optima fördelningen av arbete och vila skall vara för varje typ av träning och för olika individer är fortfarande förhållandevis outforskat. Aktuella metoder är relativt stereotypa och bygger i stort sett helt på beprövad erfarenhet och anammas och extrapoleras många gånger kanske väl okritiskt. Systemati-

ken bygger på att övningen repeteras ett visst antal på varandra följande gånger (repetitioner, reps) i ett s.k. set, därefter följer ett uppehåll och sedan upprepas flera sådana set. Antalet repetitioner/set och set/träningspass beror på träningens intensitet, karaktär och syfte, men saknar än idag i de flesta fall en god objektiv bas. Det gäller även längden på uppehållen mellan repetitioner, set och träningspass. Huvudledningen är nog att studier där man systematiskt varierar dessa variabler i tillräckligt stora grupper blir för omfattande att genomföra. I det enskilda fallet drar man sig kanske för att avvika från normen. En vanlig styrketräningsmodell kan vara 3 set med 6RM (motsvarande ca 75 % av 1RM), 3-5 min vila mellan seten, 3 gånger i veckan. Genom att multiplicera dessa värden får man "volymen" i träningen (här ca 4 ton/vecka om 1RM antas vara 100 kg).

Progressivitet

Kroppen anpassar sig efterhand till den belastning som den utsätts för. Det vill säga att för att få en successiv och kontinuerlig förbättring måste träningsbelastningen progressivt ökas efterhand som träningen fortskrider. För att på ett systematiskt sätt kunna variera träningsintensiteten måste nya värden på den maximala förmågan titreras fram allt eftersom prestationsförmågan ökar. Även när det gäller hur progressiviteten bäst skall åstadkommas råder olika uppfattningar. Sannolikt finns det ett individuellt optimum i periodiseringen av ökning, och eventuellt tidvisa minskningar, i träningsintensitet/volym som även är avhängigt av typ av träning.

Specifitet

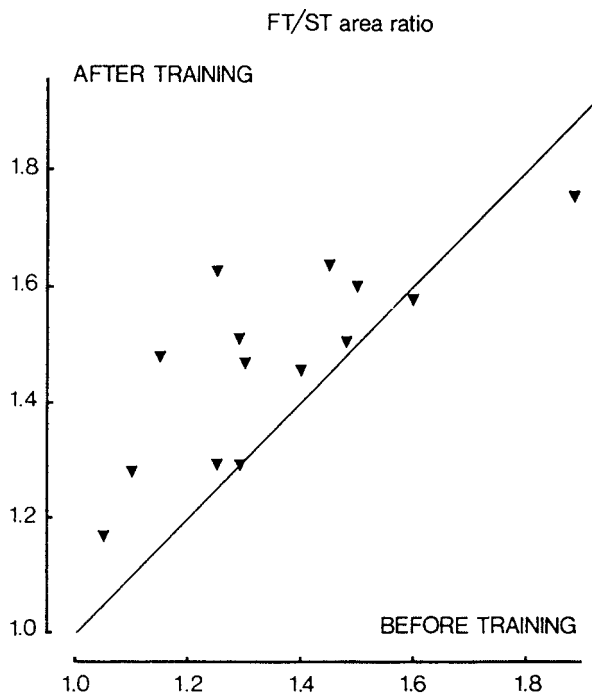
Att träningssvaret vid all typ av träning bär någon form av specifitet är de flesta överens om. Talesättet "att man blir bra i det man tränar" är en grundläggande "sanning" som nog har fog för sig. Å andra sidan kan säkert graden av specifitet variera i de enskilda fallen. Specifiteten kan kopplas till många olika träningsvariabler såsom intensitet, rörelsemönster, muskelaktiveringsmönster, muskelaktions-typ, rörelsehastighet, rörelseomfång, etc.

Mycket av specifiteten i träningsvaret söker man förklara genom att olika muskler samt olika typer av motoriska enheter, och därmed muskelfibrer, i en given muskel antas vara aktiverade mer eller mindre selektivt

beroende på ovan nämnda variabler. I väl kontrollerade försök med successivt stegrad isometrisk kraftutveckling är det väl etablerat att låga krafter produceras via rekrytering av lågtröskliga Typ I motoriska enheter med muskelfibrer som har långsam och låg kraftutveckling. De högtröskliga snabba Typ II enheterna med stor kraft per enhet kommer in vid högre isometrisk kraftproduktion. Vid dynamiska förlopp är rekryteringen inte lika väl kartlagd, bl.a. på grund av tekniska svårigheter att mäta aktivitet i enskilda motoriska enheter, särskilt under snabba kraftfulla dynamiska kontraktioner. Oavsett om de rekryteras selektivt, eller före Typ I enheterna, kommer ändå Typ II enheterna att bli de mest betydelsefulla vid snabb kraftutveckling just på grund av sin förmåga att utveckla kraft snabbt (8). Det är också denna fibertyp som visat sig öka mest i tvärsnittsarea med tung styrketräning (Figur 1).

Särskilt intresse har på senare år ägnats åt den eccentrica typen av muskelaktion. Resultaten från flera studier, dock inte alla, tyder på att träning med eccentrica aktioner kan leda till större styrketillväxt än träning med andra aktionstyper. När man utvärderar dessa resultat skall man ha i minnet att det är svårt att särskilja effekten av aktionstypen i sig från det faktum att belastningen under träningen skiljer sig, antingen i absoluta eller relativa tal, mellan aktionstyperna. Samma absoluta belastning ger en lägre relativ belastning i eccentric träning medan samma relativa belastning innebär en mycket större absolut belastning i denna träningstyp. Dessutom kompliceras bilden av att man i en maximal viljemässig eccentric aktion tycks ha svårt att åstadkomma en fullständig aktivering av muskulaturen. En viss relativ belastning ligger därför i verkligheten längre från muskelns maximala kraftutveckling än man tror. En stor del av träningseffekten tillskrivs följaktligen att verkan av de neuronala mekanismer som normalt hämmar aktiveringen bortfaller som en följd av träning (1). Det finns också indikationer, och spekulationer, om en selektiv aktivering av Typ II motoriska enheter under eccentrica muskelaktioner. Detta återstår dock att entydigt visa.

En speciell typ av muskelaktion som är vanlig i praktiska sammanhang är en kombination av eccentrica och koncentrisk aktioner, s.k. stretch-shortening cykler, dvs på en eccentric följer direkt en koncentrisk aktion (6). Man



Figur 1. Figuren visar en jämförelse av tvärsnittsarean hos snabba (FT) och långsamma (ST) muskelfibrer i vastus lateralis muskeln, uttryckt som en kvot "FT/ST area ratio", för 14 personer före och efter 8 veckors tung styrketräning. Det faktum att flertalet punkter ligger ovanför identitetslinjen betyder att kvoten ökade med träning, dvs de snabba fibrerna var förhållandevis ännu större än de långsammans efter träningen (Thorstensson 1976)

utför rörelsen med en viss "eftergift" och ökar därmed kraftproduktionen i den koncentriska fasen. Enligt specificitetsprincipen bör man alltså inkludera dylika aktioner i träningen. Olika former av hoppträning har därför blivit vanliga beståndsdelar i framför allt den specifika styrketräningen. Exakt vari kraftpotentieringen består är inte helt utrett. Som så ofta spelar säkert såväl neuronala som muskulära faktorer in. Nya försök där man med ultraljud kunnat följa de inre längdförändringarna hos individuella muskelfascikler under t. ex. olika typer av hopp, har visat att vid små och snabba vinkelrörelser i en led så sker längdförändringarna i huvudsak i senan. Kraftpotentieringen beror alltså mest av senans elastiska egenskaper medan muskeln i själva verket förblir i stort sett isometrisk.

Neuronala – muskulära – strukturella aspekter

Ett fynd värt att uppmärksamma i samband med diskussionen om specificitet och "att träna det man vill bli bra i" är att man i flera styrketräningsstudier funnit vad man benämner som "cross-education", dvs att man genom att träna ena sidans muskler kan få förbättringar i styrka hos motsvarande muskler på den andra sidan. Detta fenomen är väl dokumenterat och har

även nyligen visat sig vara specifikt vad gäller såväl muskelaktionstyp som rörelsehastighet (7). Cross-education är ett av de bästa bevisen, om än indirekt, för neuronala anpassningar till styrketräning. Ett annat är det ändrade aktiveringsmönster som konstaterats efter dynamisk styrketräning, i det att ökad förekomst av aktionspotentialer med korta mellanrum, s.k. doublets, kunnat iaktas och kopplas till ökad hastighet på kraftutvecklingen (12). Ett tredje resultat värt att notera, men också ta med en nypa salt tills det är reproducerat av andra, är den 20%-iga styrkeökning som rapporterats (13) för fingermuskulaturen efter "mental träning" (imagined muscle contractions) där försökspersonerna fick föreställa sig maximala isometriska kontraktioner fem gånger i veckan i fyra veckor. Annars är det generellt knepigt att kvantifiera förändringar i neuronal aktivering. Att bara mäta nivån på den elektromyografiska aktiviteten före och efter träning är behäftat med brister eftersom det är svårt att säkra identiska mätförhållanden. Styrkeförbättringar utan mätbara muskulära förändringar, särskilt inledningsvis under en träningsperiod, har därför tagits som bevis för att neuronala förändringar måste ha ägt rum.

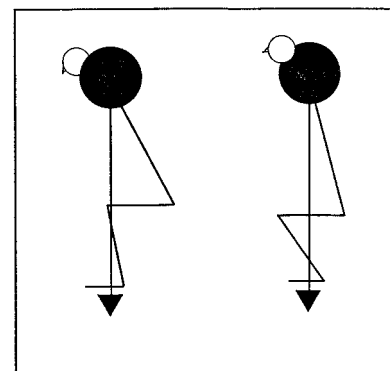
Analysen av muskulära adaptationer har emellertid nu nått en

grad av sofistikerad som gör att förändringar kan detekteras redan tidigt i träningsprocessen. Således har man kunnat upptäcka ändringar i budbärarRNA redan timmar efter ett intensivt styrketräningsspass, medan ändringar till exempel i mängden av olika former av myosin detekteras först efter veckor (3). Över huvud taget har framsteg på det molekylärbiologiska området, framför allt när det gäller möjligheten att studera olika specifika modulatorer av proteinsyntesen, gjort att det finns hopp om att belysa frågor om träningsspecificitet på en mer mekanistisk nivå. Ett annat expanderande område med anknytning till styrketräning är forskningen kring muskelstruktur både på makro- och mikronivå, dvs muskelfibrernas pennation "snedhet" (5) och deras innehåll av och kvalitet på proteiner i cellskelettet, vilka svarar för stabilisering och kraftöverföring inom muskelcellen och till omgivande passiva strukturer.

Prestation – styrka – kraft

När man utvärderar styrka och prestationer i styrkesammanhang är det viktigt att hålla isär begreppen. En användbar modell kan vara att särskilja styrkeprestation, muskelstyrka och muskelkraft.

Maximal styrkeprestation: Största möjliga prestation vid ett enstaka kortvarigt tillfälle. Exempel på detta är hopp och lyft. I regel innebär det att flera leder och muskelgrupper är engagerade. I rehabiliteringssammanhang skulle det närmast motsvara begreppet "closed chain" övningar. (Med styrkeprestationsbegreppet undviker man



Figur 2. Figuren åskådliggör på ett schematiskt sätt teknikens betydelse för styrkeprestationen. Samma prestation utförd med olika teknik kan medföra helt olika styrkeutveckling (kraftmoment) kring olika leder på grund av skillnader i den externa belastningens hävarmslängd (Thorstensson 1996).



Foto: Leif Carlson

dock problemet att behöva definiera exakt vad den något abstrakta termen "closed chain" egentligen betyder.) Karaktären på en styrkeprestation blir definitionsmässigt sådan att man inte får ett mått på en enskild muskels eller muskelgrupps styrka. Det kan till och med vara så att ingen muskelgrupp belastas maximalt i en maximal styrkeprestation. Prestationen blir kritiskt beroende av tekniken i utförandet och

en skillnad i styrkeprestation kan bero enbart på en skillnad i utförande (Figur 2). Detta är väsentligt att beakta när man använder styrkeprestationen för att utvärdera skillnader mellan individer och effekter av träning. Bortser man från tekniken kan en förbättring i styrkeprestation helt bero på ett ändrat rörelseutförande utan att styrkan i sig förändrats alls.

Mätning av styrkeprestationer görs

t.ex. genom att mäta hopp höjd, kraftspel mot redskap eller maskiner, eller helt enkelt genom att titrera fram 1RM. Mer sofistikerade utrustningar finns numera på marknaden, som, exempelvis vid hopp, kan mäta förflyttningen direkt eller indirekt, och därmed beräkna exempelvis utvecklade effekt (power). (Effekten är lika med mekaniskt arbete per tidsenhet, vilket också kan uttryckas i termer av kraft



gångar hastighet – beräkningen kan alltså ske genom att man registrerar vertikal förflyttningen och eller tid i luften och räknar fram ändringen i lägesenergi per tidsenhet eller att man mäter hastigheten, den vertikala förflyttningen per tidsenhet – i båda fallen förutsätts att man vet massan och därmed tyngdkraften på kroppen/föremålet som förflyttas.)

Maximal muskelstyrka: Största möjliga kraftmoment som kan presteras kring en led i en given situation. Kraftmoment är lika med kraft gånger hävarm; hävarm = det vinkelräta avståndet mellan rotationscentrum och kraftens verkningslinje. Enheten för muskelstyrka blir därför alltid Nm (Newtonmeter). Till skillnad från i fallet styrkeprestation går man här in och analyserar/mäter styrkan kring en enskild led (jämför sjukgymnastikens ”open chain”). Observera att det man får ut är ”nettostyrkan”, dvs resultatet av aktivering av flera olika muskler med olika mekaniska förutsättningar (muskellängd, längd på hävarm) och kanske även olika aktiveringsgrad. Dessutom tillkommer eventuell verkan av antagonismuskulatur som kan producera ett motverkande moment vilket kan variera på motsvarande sätt som agonistmomentet. Strukturer på motsatt sida om rörelseaxeln genom leden kan också ge upphov till motverkande passiva kraftmoment genom begränsad tøjbarhet.

Mätning av maximal muskelstyrka sker oftast i dynamometrar av olika slag. Den vanligaste metoden utnyttjar s.k. isokinetik. Tekniken går ut på att maskinen ser till att hastigheten blir konstant genom att hela tiden anpassa motståndet. Detta gör att man i en enskilda mätning kan få en bild av styrkevariation över en stor del av rörelseomfånget samt dessutom göra jämförelser av styrkan vid olika hastigheter. Utvecklingen har gått mot ett etablerande av maskiner med möjlighet att mäta isokinetisk styrka även eccentrict. Maskinen driver då den hävarm varpå styrka appliceras med en hastighet som blir konstant oavsett med hur stor styrka man försöker att bromsa dess rörelse. En vanlig invändning är att hastigheten vid isokinetisk styrkemätning är för låg i förhållande till vad som förekommer ”i verkligheten”. Detta gäller förvisso den högsta vinkelhastighet som kan kontrolleras (maximal rörelsehastighet är ungefär 3-4 gånger så stor i exempelvis knäextension), men man måste komma ihåg

att rörelser i regel startar från hastigheten noll och att därför den isokinetiska hastigheten i många fall relativt väl kan sägas representera rörelsens medelhastighet.

Maximal muskelkraft: Största möjliga kraft som en muskel kan prestera vid maximal aktivering i en given situation. En muskels kraftproducerande förmåga varierar med en lång rad olika faktorer (9). Mekaniskt avgör faktorer som muskelns längd i situationen ifråga, huruvida den utvecklar kraft under förkortning (koncentriskt), förlängning (eccentriskt) eller vid konstant längd (isometriskt), hur snabbt muskeln kan utveckla kraft (kraftökningshastighets storlek) dvs hur stor kraft som hinner utvecklas på den tid, ofta kort, som står till förfogande. I upphopp och sprintsteg rör det sig exempelvis om tiondelar av en sekund.

Fysiologiskt avgörs kraftutvecklingen, som diskuterats ovan, av både neuronala och muskulära faktorer (11). Neuronalt blir det helt avgörande hur stor aktivering och vilken typ av aktivering (vilka motoriska enheter som aktiveras, med vilken frekvens och mönster) som når muskeln via de motoriska nerverna från ryggmärgen. Muskulärt spelar muskelmorfologin en avgörande roll såväl kvantitativt (antal muskelfibrer och deras tvärsnittsarea) som kvalitativt (typ av muskelfibrer, aktiva och passiva elastiska egenskaper, geometriskt arrangemang av fibrerna, etc).

Att kunna mäta muskelkraft från enskilda muskler (helst från individuella muskelfibrer) är fortfarande en utmaning. Oftast beräknas muskelkraften utifrån en mätning av styrkan (kraftmomentet dividerat med hävarmen). Direkta mätningar på människa kan numera göras, om än inte rutinmässigt, med optisk fiberteknik, vilken medför betydligt mindre komplikationer än den tidigare tekniken med trådtöjningsgivare (4). Mätningen sker i senan, hitills främst från häl- och patellarsena, vilket gör att man inte kommer åt kraften från enskilda muskler. Dessutom tillkommer andra problem såsom att senan inte är homogen, samt svårigheter att kalibrera systemet på plats. Tekniken representerar ändå ”the state of the art” när det gäller muskelkraftmätning ”in situ”.

Denna kortfattade framställning var ägnad att tjäna som en inledning till styrketräning i allmänhet och till Centrum för Idrottsforsknings konferens om styrketräning på Bosön

i april 2001, dokumenterad i detta nummer av Svensk Idrottsforskning (nr 3, 2001), i synnerhet.

Referenser

1. Aagaard, P, Simonsen EB, Andersen, JL, Magnusson, P, Halkjaer-Kristensen, J, and Dyhre-Poulsen P. Neural inhibition during maximal eccentric and concentric quadriceps contraction: Effects of resistance training. *Journal of Applied Physiology* 89: 2249-2257, 2000
2. Andersen, JL, Schjerling, P, and B. Saltin. Muscle, genes and athletic performance. *Scientific American* Sept 2000, 30-37
3. Caiozzo, VJ, Haddad, F, Baker, MJ, Baldwin, KM. Influence of mechanical loading on myosin heavy-chain protein and mRNA isoform expression. *Journal of Applied Physiology* 80: 1503-1512, 1996
4. Finni, T, Komi, PV, and Lepola, V. In vivo muscle mechanics during locomotion depend on movement amplitude and contraction intensity. *European Journal of Applied Physiology* 85: 170-176, 2001.
5. Kawakami, Y, Abe T, Kuno, S, and Fukunaga T. Training induced changes in muscle architecture and specific tension. *European Journal of Applied Physiology* 72: 37-43, 1995.
6. Komi, PV. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics* 33: 1197-1206, 2000
7. Seger, JY, Arvidsson, B, and Thorstensson, A. Specific effects of eccentric and concentric strength training on muscle strength and morphology. *European Journal of Applied Physiology* 79: 49-57, 1998.
8. Thorstensson, A. Muscle strength, fibre types and enzyme activities in man. (Avhandling) *Acta Physiologica Scandinavica* 1976, Suppl. Nr. 443.
9. Thorstensson, A. Några tillämpningar av biomekaniska principer på styrkeutveckling och styrketräning. I boken ”Styrketräning” (red. A. Forsberg och B. Saltin) Idrottens Forskningsråd, RF och Folksam, 1985, 54-64
10. Thorstensson, A. Styrketräning – en komplex utmaning. I: Sammanfattning av Centrum för Prestationsutvecklings konferens: Olympic Clinic om Styrketräning, Eskilstuna, 1996, 4-9.
11. Thorstensson, A, and Aagaard, P. Neuromuscular aspects and joint neurophysiology in exercise – adaptive responses evoked by strength training. Chapter 1d in: *Textbook of Sport Medicine* (Ed. M. Kjaer, M. Krogsgaard, P. Magnusson, L. Engebretsen, H. Roos, T. Takala, and S. Woo) Blackwell, Oxford, GB, to be published in 2002
12. Van Cutsem, M, Duchateau, J, and Hainaut, K. Changes in single motor unit behaviour contribute to the increased contraction speed after dynamic training in humans. *Journal of Physiology* 513: 295-305, 1998
13. Yue, G, and Cole, KJ. Strength increases from the motor program: Comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. *Journal of Neurophysiology* 67: 1114-1123, 1992