

**Truls Raastad har tatt doktorgrad ved Norges Idrettshøyskole innenfor trening og restitusjon. Han arbeider i dag som forsker ved NIH. Under trenerseminaret holdt han et spennende innlegg om hvordan ulik styrketrening påvirker nerve/muskelsystemet på ulikt vis.**

---

## **Teorier om styrketrening i friidrett**

**Av: Truls Raastad**

### **Ingress**

Styrketrening er i dag en viktig komponent i mange friidrettsutøveres treningsopplegg. Utøvere i de tekniske disiplinene og i sprintdisiplinene har i alle år drevet systematisk styrketrening for å påvirke muskestyrke, hurtighet og spenst. I de senere år har også en del utøvere inne mellom- og langdistanseløping lagt inn mer styrketrening blant annet fordi det kan påvirke løpsøkonomi. I en idrett hvor det stadig stilles større krav til fysiske egenskaper blir det viktig å gjøre de riktige tingene i ressurstreningen. I denne artikkelen er fokus på tilpasninger i muskulatur ved styrketrening og hvilke effekter disse tilpasningene kan ha på prestasjon. Faktorer i muskelen som bestemmer maksimal styrke, eksplosiv styrke og "fjærstivhet" over et ledd blir diskutert.

### **Hva bestemmer muskelstyrke?**

Siden styrke omfatter evnen til maksimal kraftutvikling ved både raske og langsomme forkortningshastigheter i muskulaturen deler vi styrke inn i underkategoriene maksimal styrke og eksplosiv styrke. Det betyr at spenst og hurtighet også kommer inn under styrkebegrepet. Maksimal styrke er den største kraften man klarer å utvikle ved langsomme bevegelser eller isometriske kontraksjoner, mens eksplosiv styrke er knyttet til den største kraften man kan utvikle ved stor forkortningshastighet i musklene. I tillegg vil eksplosiv styrke også omhandle evnen til å kunne utvikle stor kraft hurtig når det ikke skjer endring i muskellengden. Denne egenskapen omtaler vi som kontraksjonshastighet (på engelsk "rate of force development").

For å vite hvordan man kan bli sterkere i en muskelgruppe, og dermed kunne påvirke prestasjon, er det nødvendig å vite hvilke faktorer som bestemmer muskelstyrken under ulike forhold. Grovt sett er det vanlig å dele inn i to hovedfaktorer hvor muskel-skjelett systemet isolert er den ene faktoren, og nervesystemets evne til å aktivere og styre musklene er den andre. Grovt sett er det mange av de samme faktorene som bestemmer maksimal og eksplosiv styrke (tabell 1 og 2). De viktigste forskjellene er at fibertypesammensetning blir en viktig faktor ved eksplosiv styrke og at fjærstivhet i beinas strekkapparat blir en viktig faktor når eksplosiv styrke måles i typiske strekk-forkortningssykluser (eks. hopp med svikt eller stem). I tillegg ser det ut til at aktiveringen av muskulaturen spiller en større rolle ved eksplosiv styrke enn ved maksimalstyrke fordi fyringsfrekvensen er spesielt viktig for hvor raskt man kommer opp i stor kraft.

**Tabell 1. Faktorer i muskel-skjelett systemet og i sentralnervesystemet som bestemmer vår maksimale styrke.**

Muskel-skjelett systemet	Sentralnervesystemet
<b>Muskelgruppens tverrsnitt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Antall muskelfibre</li> <li>- Fibrenes tverrsnitt</li> <li>- Muskelens arkitektur (fysiologisk tverrsnitt)</li> </ul> <b>Muskellengde</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kraft-muskellengde (i forhold til <math>l_0</math>)</li> </ul> <b>Vektarmer (utspring og feste, leddanatomi)</b>	<b>Grad av aktivering:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- antall motoriske enheter rekruttert</li> <li>- Fyringsfrekvens</li> </ul> <b>Samspill mellom agonister/synergister</b> <b>Samspill med antagonister</b>

$l_0$  er en muskels optimale lengde for kraftutvikling i en isometrisk kontraksjon. Ved denne muskellengden er det optimal overlapp mellom aktin- og myosinfilamentene slik at flest mulig tverrboer kan dannes.

**Tabell 2. Faktorer i muskel-skjelett systemet og i sentralnervesystemet som bestemmer vår eksplosive styrke.**

Muskel og skjelett	Sentralnervesystemet
<b>Muskelgruppens tverrsnitt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Antall muskelfibre</li> <li>- Fibrenes tverrsnitt</li> <li>- Muskelens arkitektur (fysiologisk tverrsnitt)</li> </ul> <b>Fibertypesammensetning</b> <b>Muskellengde</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Antall sarkomerer i serie</li> </ul> <b>Vektarmer (utspring og feste, leddanatomi)</b> <b>Fjærstivhet (stiffness) i muskel og sene</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ved strekk-forkortningscykluser; svikt</li> </ul>	<b>Grad av aktivering:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Antall motorisk enheter rekruttert</li> <li>- Fyringsfrekvens</li> </ul> <b>Samspill mellom agonister</b> <b>Samspill med antagonister</b> <div style="text-align: center;">↓</div> <b>Teknikk, koordinering</b>

## Hvilke endringer kan vi se i muskulatur ved styrketrening?

### Økning i en muskel eller muskelgruppes tverrsnitt

Den best dokumenterte effekten av styrketrening er økt muskeltverrsnitt. Som utrent kan man grovt sett forvente en økning i muskeltverrsnitt på 0,2-0,4 % per treningsøkt hvis man gjennomfører et styrketreningsprogram med 6-12 RM serier, 2-3 serier i hver øvelse og hver muskelgruppe trenes 2-3 ganger i uka (McDonagh & Davies, 1984; Raastad, 2005). Har man øvelser som involverer alle de store muskelgruppene i kroppen, kan dette tilsvare en økning i muskelmasse på 100-400 g per uke for en normal voksen person. Økningen i muskeltverrsnitt er relativt rettlinjet i starten og lik for menn og kvinner i relative termer. Etter hvert som man blir godt styrketrent (flere års trening) kan man forvente en gradvis mindre økning i muskeltverrsnitt fordi man sannsynligvis nærmer seg en øvre grense for hvor store musklene kan bli som følge av trening. For de fleste vil en slik grense tilsvare minst en fordobling av muskelmassen man har i utrent tilstand.

I motsetning til hva man tidligere trodde ser tverrsnittøkningen ut til å være relativt rettlinjert når man starter å trene styrke. Man ser også at type II fibre vokser noe raskere enn type I fibre. Størst økning i muskeltverrsnitt får man som oftest i de områdene hvor muskelbuken i utgangspunktet er størst (Roman *et al.*, 1993; Hakkinen *et al.*, 2001) og det er endringene i dette området som også vil bestemme vår maksimale styrke.

Siden muskelenes største tverrsnitt er proporsjonal med den maksimale muskelstyrke vil økning i tverrsnitt medføre økt maksimalstyrke ved riktig muskellengde. Dette ser man tydelig når man tester endringer i styrke som endring i 1 RM, endring i isometrisk kraft eller endring i maksimalt dreiemoment ved isokinetiske tester med lave vinkelhastigheter. Det kan imidlertid være en ulempe med større muskelmasse i idretter hvor det er egen kroppsvekt som skal akselereres fordi kroppsvekten i de fleste tilfeller øker med muskelmassen (med mindre man endrer kroppsammenetningen; reduserer fettmassen samtidig). Det er derfor ekstremt viktig i at muskelveksten er fokusert rundt de viktigste musklene slik at den relative styrken for disse muskelgruppene blir så stor som mulig.

### Endring i muskellengde

Endring i en muskels lengde er en lite fokusert faktor innen styrketrening. Antall sarkomerer i serie i våre muskler kan både økes og reduseres etter de belastninger musklene utsettes for. Det generelle prinsippet synes å være at antall sarkomerer justeres slik at overlapp mellom myofilamentene blir optimalt ved den lengden muskelen oftest jobber. Jobber man stort sett ved korte muskellengder får man en relativt kort muskel og motsatt ved arbeid ved lange muskellengder. Dette fører naturlig nok også til at styrkeøkningen man måler etter en treningsperiode vil variere om man tester styrken ved ulike lengder (Mansell *et al.*, 1997). Det er derfor viktig at muskellengden man trener ved er i det området man ønsker å være sterk i utførelse av idretten. En langdistanseløper bør derfor trene styrke med relativt små leddutsalg over hofte og kne, mens en sprinter som har helt andre leddutslag i starten av en sprint kan trene med mye større leddutslag over kne og hofte. Også med tanke på forebygging av skader kan dette være et viktig prinsipp å tenke på da muskelens lengde kan ha en viss betydning bl.a. for risiko for strekkskader. Et eksempel kan være den forebyggende effekten man ser av å trene såkalt Nordic Hamstring på forekomsten av strekkskader på baksida lår. I Nordic Hamstring skal man sitte på knærne, en partner holder føttene i bakken, og man faller sakte fremover med strak overkropp mens man prøver å holde igjen så mye som mulig med muskulaturen på baksiden av låret. Den tyngste belastningen i denne øvelsen er i siste fase like før man berører baken med overkroppen. I denne fasen er hamstringsmuskelen i sin lengste naturlige stilling og den eksentriske arbeidsformen som her benyttes er også vist å påvirke muskellengden i betydelig grad (Brockett *et al.*, 2001). I tillegg til en potensiell skadeforbyggende effekt av denne øvelsen kan en lengre hamstringsmuskel også skape større kraft ved store vinkelhastigheter som når man løper med toppfart.

Foreløpig er det gjort få treningsstudier hvor man har sett på endringer i muskellengde og funksjonelle konsekvenser av dette, men Alegre *et al.* (2006) observerte at fasikkellengden<sup>1</sup> i vastus lateralis økte med hele 10 % under 13 uker med styrketrening i knebøy til 90° i kneleddet. Dette viser at det er relativt gode muligheter til også å påvirke muskellengde med styrketrening. Det er foreløpig hovedsakelig fra tverrsnittstudier hvor utøvere fra ulike idretter er sammenlignet man finner informasjon om hvordan muskellengden kan påvirkes ved trening. Grovt sett ser man at det er stor

---

<sup>1</sup> En fasikkel er en bunt av muskelfibre og man antar at lengden på fasiklene gjenspeiler lengden på muskelfibrene,

forskjell på muskellengden i strekkapparatet i beina mellom sprintere og langdistanseløpere i friidrett (Abe *et al.*, 2000). De lange muskelfibrene i strekkapparatet i beina hos sprinterne er gunstige for hurtigheten fordi lengre muskelfibre kan skape en større kraft ved hurtig forkortning enn korte muskelfibre (Kumagai *et al.*, 2000). Motsatt vil de korte muskelfibrene i strekkapparatet i beina hos langdistanseløperne være med på å gjøre dem tregere, men de korte musklene bruker lite energi og er derfor meget økonomiske motorer for utøvere av utholdenhetsidretter.

Årsaken til at sprintere har lengre fibre i beinmuskulatur en andre kan skyldes arvelige disposisjoner, men lengden på fibrene henger også sammen med lår og leggmusklers anatomiske tverrsnitt. Tung styrketrening med relativt store leddutslag (som dyp knebøy) vil med all sannsynlighet både føre til hypertrofi og lengdevekst av knestrekke og hoftestrekke slik at summen av dette blir meget gunstig for løpshurtighet og spenst. Dette prinsippet med tung styrketrening med store leddutslag kan sannsynligvis påvirke muskellengde over de fleste ledd og dermed føre til gunstige tilpasninger i forhold til kraftutvikling ved store vinkelhastigheter over leddet. Man skal imidlertid huske på at lengre muskler krever mer energi for å opprettholde en viss muskelkraft slik at lange muskler ikke er ønskelig der et lavt energiforbruk er viktigere en hurtig kraftutvikling for prestasjonen.

### **Endring i fibertypesammensetningen**

Når man jevnlig aktiverer alle muskelfibre i en muskel, som ved regelmessig styrketrening, ser man at de hurtigste muskelfibrene våre (type IIX) gradvis omdannes til type IIA fibre. Denne transformeringen fra hurtige til langsomme muskelfibre går relativt raskt og man har bl.a. observerer at andelen type IIX fibre ble redusert fra 20 til 7% hos utrente menn og kvinner etter kun 4 ukers styrketrening (Staron *et al.*, 1994). Sluttes man å trene styrke regelmessig får man tilbake andelen av de raske fibrene. Dette tyder på at muskelfibre som sjelden brukes produserer den raskeste myosin typen. Med en gang de begynner å aktiveres jevnlig vil de gå over til å produsere den mellomraske formen av myosin.

All trening hvor man regelmessig aktiverer samtlige motoriske enheter i en muskel vil føre til overgang fra type IIX fibre til IIA. Det kan virke paradoksalt for sprintere og hoppere at den treningen de gjør for å bli raskere og spenstigere fører til at de mister de raskeste muskelfibrene sine. Samtidig vil imidlertid tverrsnittet av type IIA fibre vokse så mye at den økte maksimale muskelstyrken langt overveier tapet av type IIX fibre i en treningsperiode. Det er også viktig å poengtere at bortfallet av rene IIX fibre skjer tidlig slik at alle utøvere som i noen tid har drevet tung styrke-, spenst- eller hurtighetstrening allerede har mistet de rene IIX fibre. Det er derfor ingen grunn til å frykte ytterligere tap av IIX fibre når man som 16-18 åring øker dosene med tung styrketrening for å oppnå bedret prestasjon. Reduserer man treningsmengdene kraftig i kortere perioder (3-4 uker) vil man få tilbake mange av type IIX fibre og det er blitt gjort forsøk på å "time" slike perioder med treningsstopp i forhold til å stimulere hurtigheten i muskulaturen. Dessverre mister man også muskelmasse meget raskt ved drastisk reduserte treningsmengder slik at det er vanskelig å få en nettogevinst på hurtighet etter slike sykluser med redusert trening. Det er også indikasjoner på at det kan være mulig å få en overgang fra type I til IIA fibre med sprinttrening, men foreløpig er dette kun vist i tre studier (Andersen *et al.*, 1994; Dawson *et al.*, 1998; Jansson *et al.*, 1990).

### **Endring i muskel-sene systemets fjæregenskaper**

Fjærstivheten i et muskel-sene system er først og fremst viktig for prestasjon i plyometrisk arbeid. Det vil si i alle bevegelser hvor man har en innledende strekning av en aktivert muskel som umiddelbart går over i en konsentrisk fase, slik at bevegelsesenergi kan overføres og nyttiggjøres i de elastiske komponentene i systemet (strekk-forkortningssykluser). Dette er tilfelle under kontakttiden i hvert løpssteg og i de fleste satser som gjøres i ulike idretter. Spensttrening er derfor en treningsform hvor påvirkning av fjærstivhet kan ha en god påvirkning på prestasjon hvis den gjennomføres med samme forutsetninger som i den aktuelle idrett. Generelt vet vi imidlertid mindre om de fysiologiske tilpasningene ved typisk spenst trening enn ved maksimal styrketrening. Man oppnår noe endring i muskeltverrsnitt ved spensttrening, men den vil være betydelig mindre enn det man kan oppnå med maksimal styrketrening. Sannsynligvis kan man påvirke fjæregenskapene i muskel og sene og det er trolig også en påvirkning på den hurtige aktiveringen av musklene (dubletter og triplerter).

Det ser ut til at maksimal styrketrening øker fjærstivhetene i muskel-sene systemet og at denne endringen først og fremst kan tilskrives endringer i muskulaturen (Kubo *et al.*, 2006). På samme måte kan typisk spensttrening også øke fjærstivheten og man har blant annet sett at kombinasjonen av spensttrening og maksimal styrketrening på strekkapparatet i beina økte fjærstivheten over kneleddet mer enn maksimal styrketrening alene (Toumi *et al.*, 2004). Bevegelsestrening i form av stretching vil på den andre siden kunne redusere fjærstivheten i muskelgruppene som tøyes. Det er ingen fast fjærstivhet i muskel-sene systemet som er optimal for alle strekk-forkortningssykluser. Avhengig av hvor mye bevegelsesenergi fra strekkfasen som skal lagres i systemet, og hvor lang tid man har på seg til å fullføre hele strekk-forkortningssyklusen, vil det være relativt stor variasjon i hva som er den optimale fjærstivheten for ulike bevegelser. Blant annet så man i studien til Tuomi *et al.* (2004) at maksimal styrketrening alene hadde like bra effekt som maksimal styrketrening i kombinasjonen med plyometrisk trening på prestasjon i squat jump<sup>2</sup>, men prestasjonen i svikthopp ble bedre positivt påvirket av kombinasjonen enn av maksimal styrketrening alene. Tilpasninger i fjærstivhet vil derfor i en stor grad følge spesifisitetsprinsippet ved at den optimaliseres til den aktiviteten man trener på. Det kan også være verdt å merke seg at fjærstivheten i muskel-sene systemet øker når man kommer over 50-års alder og at denne økningen er negativt assosiert med spenst og hurtighet. Fjærstivheten blir for stor til at de greier å lagre elastisk energi i systemet. Man ser imidlertid at både normal styrketrening og plyometrisk trening kan normalisere fjærstivheten slik at de bedre kan utnytte strekk-forkortningssykluser (Ochala *et al.*, 2005).

### **Muskel-sene systemets fjæregenskaper og løpsøkonomi**

Hvert eneste løpssteg er en strekk-forkortningssyklus hvor strekkapparatet i beina forlenges under fotisetet og man kan nyttiggjøre seg elastisk lagret energi i den påfølgende skyvfasen. Hvor mye elastisk energi som kan lagres og deretter overføres til bevegelsesenergi i skyvfasen avgjøres blant annet av fjærstivheten man har i beina. Beinene som helhet må ha en så stor fjærstivhet under løping at "fjæren" rekker å gjenvinne sin opprinnelige lengde før skyvfasen avsluttes. Generelt ser det ut til at man i utgangspunktet har en lavere fjærstivhet i beina enn det som gir optimal utnyttelse av de elastiske egenskapene i muskel-sene vevet under løping. Teoretisk er det derfor mulig å bedre løpsøkonomi ved å drive styrketrening som kan føre til en mer optimal fjærstivhet i beina og det er nå flere studier hvor dette bekreftes.

Johnston *et al.* (1997) viste at oksygenforbruket ved løping på 230 m·min<sup>-1</sup> redusert med 4 % etter 10 uker med tradisjonell tung styrketrening på beina hos kvinnelige mellom og langdistanseløpere. Maksimalt oksygenopptak var uendret i løpet av styrketreningsperioden. I en finsk studie av Paavolainen *et al.* (1999) trente en gruppe

<sup>2</sup> Hopp fra stillestående; uten svikt

orienteringsløpere eksplosiv styrketrening i 9 uker i tillegg til sin vanlige trening. Oksygenopptaket ved løping på 4.17 m/s ble redusert fra 52 til 49 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>, mens maksimalt oksygenopptak også i denne studien var uendret gjennom styrketreningsperioden. De observerte også en kortere kontakttid i løpssteget som indikerer økt fjærstivhet. Det ble også foretatt en prestasjonstest hvor de løp et terrengløp på 5 km. Også her viste styrketreningsgruppen en signifikant fremgang sammenlignet med kontrollgruppen som hadde opprettholdt sine vanlige treningsrutiner i forsøksperioden.

Det finnes nå flere studier hvor man har vist bedre løpsøkonomi etter en periode med tung (maksimal) styrketrening og med mer eksplosiv styrketrening (spenstøvelser). Felles er at de måler en reduksjon i oksygenopptak på 2-8% ved en gitt hastighet etter en treningsperiode på 6-12 uker uten at det maksimale oksygenopptaket er endret. Det finnes imidlertid én norsk studie hvor man ikke har kunne observere noen endring i løpsøkonomi etter en periode med tung styrketrening med gode norske mellom- og langdistanseløpere (Solvang, 2002). I denne studien var en av styrkeøvelsene dyp knebøy og det er mulig at en lengdeøkning av lår og setemuskel som følge av denne øvelsen kan ha virket negativt på løpsøkonomien. En annen forklaring på hvorfor de ikke fant bedret løpsøkonomi i denne studien kan være at løperne var på et høyere nivå enn i de andre studiene. Det er derfor naturlig å stille seg spørsmålet om man kan oppnå den samme gunstige effekten på løpsøkonomi når man gjør denne typen styrketrening på de aller beste løperne. Kanskje har disse allerede gjennom sin løpstrening over mange år fått optimalisert fjærstivheten i beina. Det trengs derfor flere studier på eliteløpere før vi kan konkludere om styrketreningsintervensjoner også kan påvirke løpsøkonomi hos de aller beste.

### **Oppsummering**

Det finnes god dokumentasjon på hvordan maksimal styrketrening påvirker muskeltverrsnitt og fibertyper og videre hvordan disse endringene vil påvirke muskelfunksjon under ulike betingelser. Vi vet mindre om hvordan de ulike formene for eksplosiv styrketrening påvirker fysiologiske endringer og funksjon i muskulatur. Eksplosiv styrketrening påvirker også muskeltverrsnitt, men i mindre grad enn maksimal styrketrening. Videre vet vi at eksplosiv styrketrening kan påvirke evnen til hurtig kraftgenerering. Muskelens lengde og fjæregenskaper kan også påvirkes av de ulike formene for styrketrening, men disse tilpasningene er foreløpig lite undersøkt slik at kunnskap om disse variablene i stor grad er erfaringsbasert. Sannsynligvis ligger noe av treningseffekten av typisk spensttrening i at man får sener med større fjærstivhet blant annet ved at senene blir tykkere og sterkere. Det er i de senere årene kommet god dokumentasjon på at både maksimal styrketrening og mer eksplosiv spensttrening kan ha en positiveffekt på løpsøkonomi og dermed prestasjon også i de lengre løpene. Det er imidlertid fortsatt behov for å prøve disse treningsmetodene ut på de beste utøverne under kontrollerte betingelser før vi kan generalisere slike effekter til også å gjelde eliteløpere.

### **Litteraturliste**

Abe T, Kumagai K, & Brechue WF (2000). Fascicle length of leg muscles is greater in sprinters than distance runners. Med Sci Sports Exerc 32, 1125-1129.

- Alegre LM, Jimenez F, Gonzalo-Orden JM, Martin-Acero R, & Aguado X (2006). Effects of dynamic resistance training on fascicle length and isometric strength. *J Sports Sci* 24, 501-508.
- Andersen JL, Klitgaard H, & Saltin B (1994). Myosin heavy chain isoforms in single fibres from m. vastus lateralis of sprinters: influence of training. *Acta Physiol Scand* 151, 135-142.
- Brockett CL, Morgan DL, & Proske U (2001). Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc* 33, 783-790.
- Dawson B, Fitzsimons M, Green S, Goodman C, Carey M, & Cole K (1998). Changes in performance, muscle metabolites, enzymes and fibre types after short sprint training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 78, 163-169.
- Hakkinen K, Pakarinen A, Kraemer WJ, Hakkinen A, Valkeinen H, & Alen M (2001). Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. *J Appl Physiol* 91, 569-580.
- Jansson E, Esbjornsson M, Holm I, & Jacobs I (1990). Increase in the proportion of fast-twitch muscle fibres by sprint training in males. *Acta Physiol Scand* 140, 359-363.
- Johnston RE, Quinn TJ, Kertzer R, & Vroman NB (1997). Strength Training in Female Distance Runners: Impact on Running Economy. *Journal of Strength and Conditioning Research* 11, 224-229.
- Kubo K, Yata H, Kanehisa H, & Fukunaga T (2006). Effects of isometric squat training on the tendon stiffness and jump performance. *Eur J Appl Physiol* 96, 305-314.
- Kumagai K, Abe T, Brechue WF, Ryushi T, Takano S, & Mizuno M (2000). Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *J Appl Physiol* 88, 811-816.
- Mansell S, Phillips SK, & Rutherford OM (1997). Muscle length changes following strength training of the adductor pollicis muscle. *J Physiol* 499P, 83P.
- McDonagh MJ & Davies CT (1984). Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *Eur J Appl Physiol* 52, 139-155.
- Ochala J, Lambert D, Van HJ, & Pousson M (2005). Effect of strength training on musculotendinous stiffness in elderly individuals. *Eur J Appl Physiol* 94, 126-133.
- Paavolainen L, Hakkinen K, Hamalainen I, Nummela A, & Rusko H (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol* 86, 1527-1533.
- Raastad T (2005). *Fysiologisk adaptasjon til styrketrening*, 4 ed., pp. 1-92. Norges idrettshøgskole, Oslo.
- Roman WJ, Fleckenstein J, Stray-Gundersen J, Alway SE, Peshock R, & Gonyea WJ (1993). Adaptations in the elbow flexors of elderly males after heavy- resistance training. *J Appl Physiol* 74, 750-754.
- Solvang SR. Virkning av maksimalstyrketrening på prestasjon hos veltrente løpere . 1-89. 2002. Hovedfagsoppgave, Norges idrettshøgskole.
- Staron RS, Karapondo DL, Kraemer WJ, Fry AC, Gordon SE, Falkel JE, Hagerman FC, & Hikida RS (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *J Appl Physiol* 76, 1247-1255.
- Toumi H, Best TM, Martin A, & Poumarat G (2004). Muscle plasticity after weight and combined (weight + jump) training. *Med Sci Sports Exerc* 36, 1580-1588.