

Gymnos

TEMA

2|2004

Styrketrening



CAPPELEN

Visste du:

- at i USA er 40 % av aldersgruppen 55–64 år ikke i stand til å løfte en gjenstand tyngre enn 4,5 kg opp fra gulvet?
- at beinmuskulaturen i forhold til overkroppens muskler trenger et større treningsvolum (repetisjoner x serier x kg) for å få samme stimulering til å øke muskelkraften?
- at type 2-fibrer må aktiveres med 60–70 Hz for å utvikle maksimal muskelkraft?

Vi har valgt å vie hele dette nummeret av *Gymnos Tema* til styrke. Trening av styrke er i dag utbredt, ikke bare hos konkurranseutøveren som skal legge grunnlaget for gode idrettslige prestasjoner, men også hos mosjonisten som ønsker økt velvære og god helse. Undersøkelser gjort de siste årene viser at styrketrening kan være med på å forebygge livsstilssykdommer som blant annet diabetes 2 og beinskjørhet.

Uansett hvilken grunn du har til å trene styrke, finnes det noen generelle retningslinjer du bør følge for å oppnå best mulig resultat. For å belyse dette, har Truls Raastad ved Norges Idrettshøgskole skrevet om styrketrening i dette nummeret av *Gymnos Tema*. Selv om du er kjent med dette stoffet, vil du nok kunne finne ny og interessant informasjon i hans artikkel.



Med vennlig hilsen

*Astri Andresen, Kjell Haugen, Per Holmstad,
Ragnhild Lied, Asbjørn Gjerset*

CAPPELEN UNDERVISNING

STYRKETRENING:

Hva bestemmer vår styrke, og hvordan påvirker vi disse faktorene ved trening?

Truls Raastad, 1. amanuensis, Norges idrettshøgskole

Styrketrening drives i dag av ulike grupper mennesker av mange forskjellige årsaker. Idrettsutøvere trener styrke for å bedre prestasjon og forebygge skade, og for behandling og rehabilitering etter skade. Styrketrening benyttes generelt i rehabilitering for at pasienter raskere skal gjenoppbygge normal muskelmasse og styrke etter skade eller sykdom. I økende grad benyttes styrketrening også for å forebygge livsstilssykdommer som type II diabetes, der total muskelmasse er en viktig faktor. En rekke unge mennesker søker i dag til treningsentre der de blant annet trener styrke på grunn av velvære og utseende. De siste 15 årene har det også kommet rikelig dokumentasjon på gunstige effekter av styrketrening i forhold til Eldres funksjon i dagliglivet, for eksempel redusert risiko for fall og sterkere skjelett. Uansett hvem man er og hvorfor man trener styrke er det noen generelle retningslinjer og forutsetninger som er like. I denne artikkelen beskrives noen grunnleggende prinsipper for all styrketrening, men fokus er satt på maksimal styrketrening og endringer som skjer i muskulaturen ved trening.

Hva er styrketrening?

Begrepet styrke defineres som «Den maksimale kraft eller moment en muskel eller muskelgruppe kan skape ved en spesifikk eller forutbestemt hastighet»⁽¹⁾. Styrketrening kan da defineres som: «All trening som er ment å utvikle eller vedlikeholde vår evne til å skape størst mulig kraft ved forskjellige forkortningshastigheter». Siden styrke omfatter maksimal kraft ved både raske og langsomme forkortningshastigheter i muskulaturen er det vanlig å snakke om underkategoriene maksimal styrke og eksplosiv styrke. Maksimal styrke er knyttet til kraften man klarer å utvikle ved langsomme bevegelser eller isometriske kontraksjoner, mens eksplosiv styrke er knyttet til kraften man kan utvikle ved svært raske forkortningshastigheter. Maksimal styrke og eksplosiv styrke bygger på noen av de samme forutsetningene, men ikke alle er felles. Det er derfor naturlig at man trener på noe ulik måte om man primært ønsker å utvikle sin maksimale eller eksplosive styrke. I dagligtale brukes styrketrening oftest synonymt med maksimal styrketrening og det er også denne formen for styrketrening som blir mest vektlagt i denne artikkelen.

Hva bestemmer vår muskelstyrke?

For å vite hvordan man skal bli sterkere, er det nødvendig å vite hvilke faktorer som bør påvirkes. Hvilke faktorer bestemmer vår styrke? Grovt sett er det vanlig å dele dem inn i to hovedfaktorer, der musklene isolert er den ene, og nervesystemets evne til å aktivere og styre musklene er den andre.

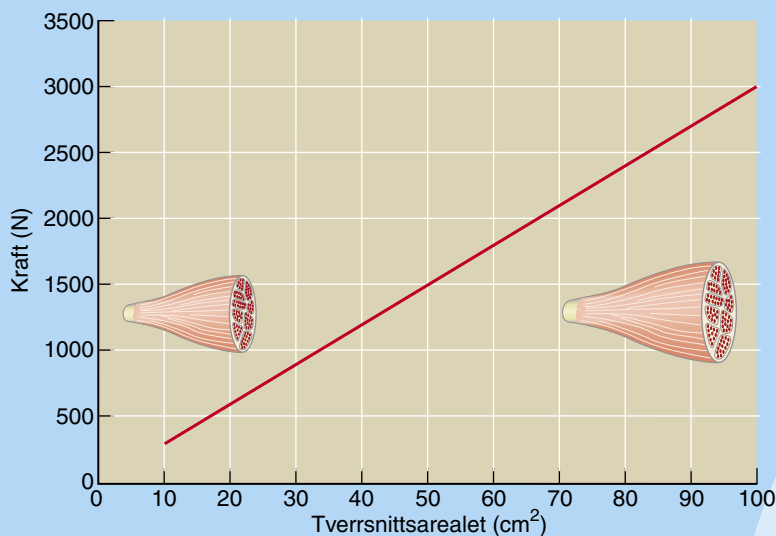
Tabell 1. Faktorer i muskulatur og i sentralnervesystemet som påvirker vår evne til å utvikle kraft.

Muskel	Sentralnervesystemet
Muskelgruppens tverrsnitt: <ul style="list-style-type: none">- Antall muskelfibrer- Fibrenes tverrsnitt- Arkitektur (fysiologisk tverrsnitt)	Grad av aktivering: <ul style="list-style-type: none">- Antall motoriske enheter rekruttert- Fyringsfrekvens
Fibertype sammensetning (kraft–hastighet)	Samspill mellom agonister* Koordinering
Muskellengde (kraft–hastighet)	Samspill med antagonister** Teknikk
Vektarmer (utspring, feste, leddanatomi)	

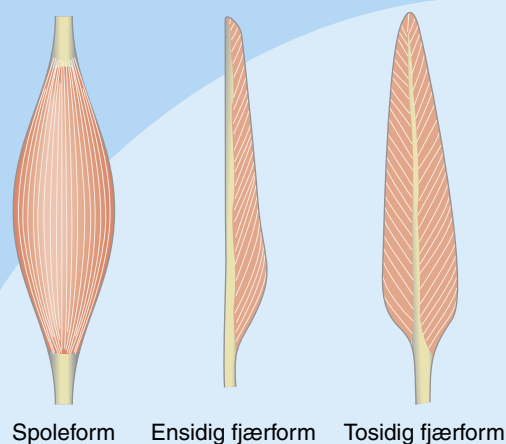
*Agonister: de musklene som samarbeider om én bevegelse rundt ett ledd (for eksempel alle armbøyere).

**Antagonister: de musklene som gjør motsatt bevegelse av agonistene over et ledd (alle strekkere er antagonistene til bøyerne).

Muskeltverrsnitt: Ved maksimal aktivering av en muskel eller muskelgruppe er det største tverrsnittet i muskelen bestemmende for kraften (figur 1). Muskeltverrsnittet avgjøres av det totale antall muskelfibrer, hver enkelt muskelfibers tverrsnitt og av innfestningsvinkelen til senedragene for de fjærformede musklene (figur 2). Alle disse komponentene kan endres ved styrketrening.



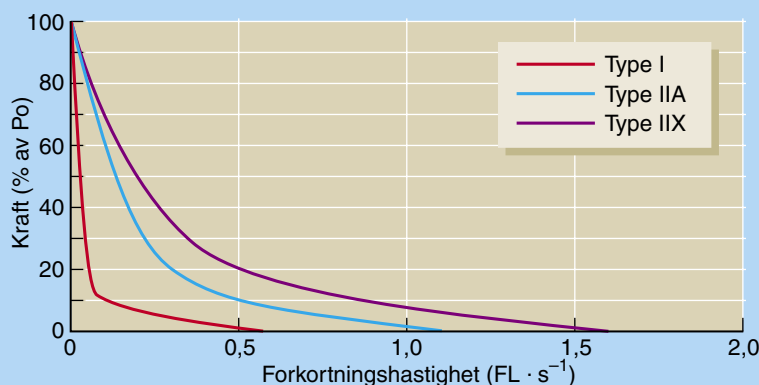
Figur 1. Sammenhengen mellom muskeltverrsnitt og kraft ved maksimal aktivering.



Figur 2. Tre muskler med ulik form. I musklene med fjærform blir det fysiologiske tverrsnittet (vinkelrett på fiberretningen) større enn det anatomiske tverrsnittet (vinkelrett på muskelens lengderetning).

Fibertyper: En muskel eller muskelgruppe er bedre egnet til å skape stor kraft ved store forkortningshastigheter jo større andel raske muskelfibrer (type IIA og IIX¹) den består av. Ved langsomme forkortningshastigheter er det liten forskjell i den kraften som utvikles av de ulike fibertyperne ved samme tverrsnitt (figur 3). Generelt ser man at de hurtigste fibrene (IIX) reduseres på bekostning av flere IIA-fibrer ved styrketrening (2). Paradoksalt nok ser man også at andelen av de hurtigste fibrene reduseres ved eksplosiv styrketrening og ved sprinttrening (3).

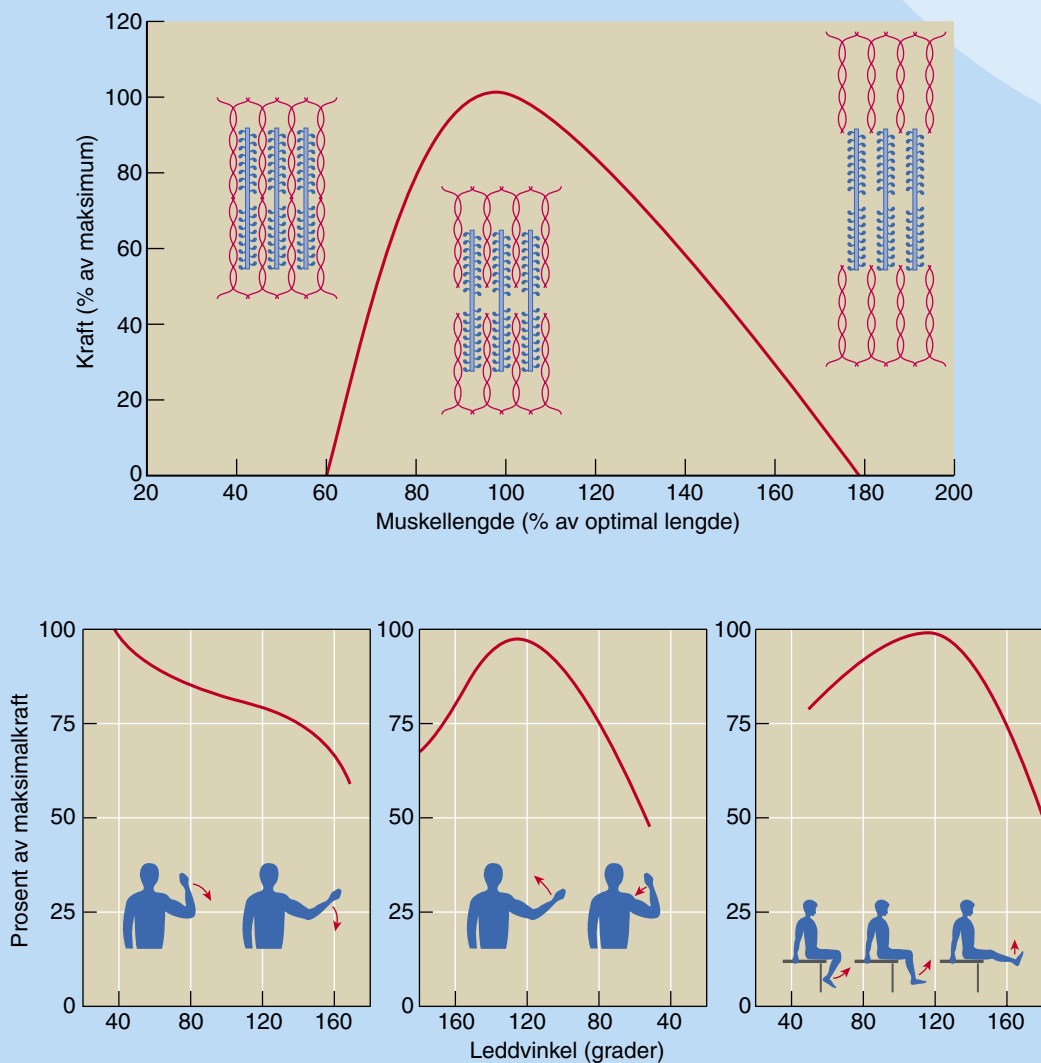
Figur 3. Sammenhengen mellom kraft og forkortningshastighet for ulike fibertyper ved maksimal aktivering. Kraft er gitt som prosent av maksimal isometrisk kraft (P_0), og forkortningshastighet er gitt som antall fiberlengder per sekund ($FL \cdot s^{-1}$).



Muskellengde påvirker kraft–hastighetskurven når man ser på hastighet i absolutte termer og ikke minst kraften (momentet) ved ulike leddutslag. Den aktive komponenten av maksimalt moment ved ulike leddutslag bestemmes av grad av overlapp mellom myosin- og aktinrådene og vektarmen til muskeldraget over leddets omdreiningssakse. Sammenhengen mellom kraft og muskellengde er svært enkel for en muskel som er spent opp mellom to punkter, men blir komplisert når man studerer sammenhengen over et ledd, da også vektarmene endres ved ulike leddvinkler (figur 4). I en albuefleksjon får man et forhold mellom maksimalt moment og leddvinkel som ligner lengde–spenningsforholdet til en oppspent muskel, mens man for en albueekstensjon får et helt annet forløp (figur 4, nedre del). I treningssammenheng har vi mulighet til å påvirke lengden av

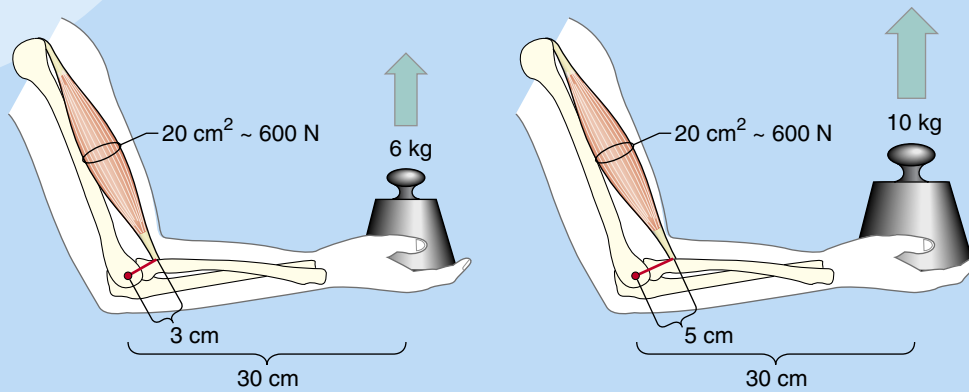
¹ IIX-fibre er det vi tidligere omtalte som IIB-fibrer

musklene våre ved at antall sarkomerer i serie optimaliseres til det området der muskelen brukes mest. Det betyr at vi får lengre muskler hvis vi alltid trener i området rundt leddets ytterstilling, og vi får kortere muskler hvis all trening foregår ved korte muskellengder. Et typisk eksempel på denne tilpasningen er kvinner som alltid bruker høyhælte sko. De har svært korte leggmuskler og får problemer når de går over til å bruke sko uten høye hæler, og når de går barbeint.



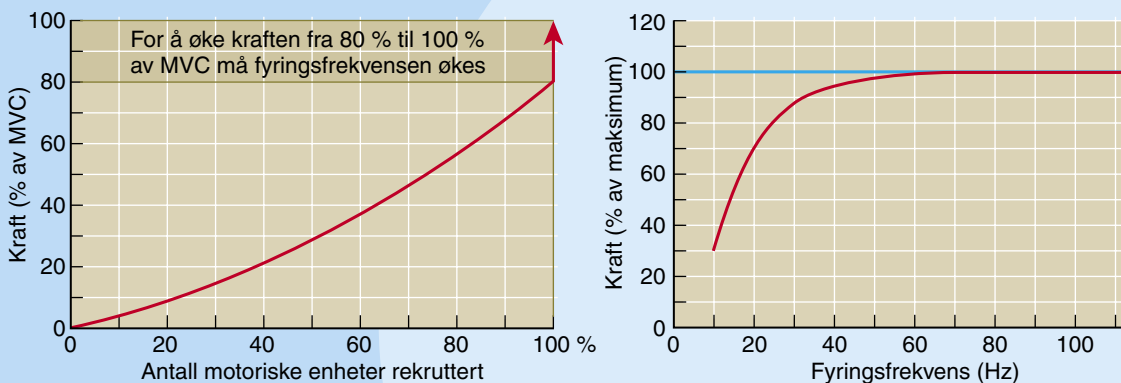
Figur 4. Øvre del: Sammenhengen mellom kontraksjonskraft og muskellengde for en muskel som spennes opp mellom to punkter og aktiveres maksimalt. Kurveforløpet kan forklares med graden av overlapping mellom myofilamentene (illustrasjoner innfelt). NB! Når muskelen er lengre enn sin hvilelengde, utgjør de passive strukturene som strekkes en betydelig del av kraften, og dette er ikke med på denne illustrasjonen. Nedre del: Sammenhengen mellom maksimalt moment i isometriske kontraksjoner og leddvinkel for albueekstensjoner (venstre), albuefleksjoner (midten) og kneekstensjoner (høyre).

Vektarmene til muskeldraget over ledd kan i liten grad påvirkes av trening, men individuelle forskjeller (arv) kan være med på å forklare bl.a. hvorfor to personer med tilsynelatende samme muskelmasse kan utvikle forskjellig moment (kraft) over et ledd (figur 5). I tillegg kan en økning i muskeltverrsnitt av noen muskler flytte senedraget noe lenger vekk fra leddets omdreingsakse, slik at det også er mulig å få bedre vektarmene som følge av styrketrening. Dette kan i noen tilfeller være med på å forklare hvorfor økning i styrke ofte er mye større enn økning i muskeltverrsnitt etter en styrketreningsperiode.



Figur 5. Maksimale dreiemoment fra biceps over albuen til to personer med samme muskeltverrsnitt (20 cm^2), men med forskjellige vektarmene for biceps (3 og 5 cm). Begge kan ved maksimal aktivering lage et drag i senen på ca. 600 N. Dette vil med de ulike vektarmene tilsi at personen til venstre kan løfte en vekt på ca. 6 kg, mens personen til høyre kan løfte ca. 10 kg med biceps alene. Tar man med de andre musklene over albuen i tillegg, vil man kunne doble det maksimale dreiemomentet i en albuefleksjon.

Aktivering av muskulatur. Kraften vi utvikler i en viljestyrt muskelkontraksjon reguleres av hvor mange muskelfibrer i muskelgruppen som aktiveres, og med hvilken frekvens nervesignalene når frem til disse muskelfibrene. Generelt kan man si at vi øker antall involverte motoriske enheter for å øke kraften opp til ca. 80 % av maksimalkraft, mens økt fyringsfrekvens brukes til å øke kraften fra ca. 80 % av maksimum og opp mot maksimum (figur 6). Dette varierer imidlertid noe mellom de ulike muskelgruppene.



Figur 6. Skjematiske forhold mellom kraft oppgitt som prosent av kraften i en maksimal isometrisk kontraksjon (MVC), og antall motoriske enheter som er rekruttert ved en gitt kraft. Innfelt er sammenhengen mellom kraft og frekvensen på aksjonspotensialene for en muskelgruppe sammensatt av ulike fibertyper.

Type I-fibrer oppnår maksimalkraft når de elektriske impulsene kommer med en frekvens på ca. 30 Hz (30 impulser per sekund), mens type II-fibrer må aktiveres med 60–70 Hz for å utvikle maksimal kraft. Aktivering med høyere frekvenser enn dette vil ikke påvirke maksimalkraften, men kraften i en isometrisk kontraksjon vil øke raskere i starten ved supramaksimale² frekvenser (man oppnår maksimal kraft tidligere). Det er ikke uvanlig at en hurtig kontraksjon starter med to–tre elektriske impulser som kommer svært nær i tid (60–120 Hz; såkalte dubletter og tripletter) med den hensikt å komme raskt opp i maksimalkraft (4).



Samspill mellom agonister³ og samspill med synergister⁴ og antagonist⁵ er en svært viktig faktor for den kraften som skapes når flere muskelgrupper er involvert. Gjennom en bevegelse skal agonistene og synergistene kobles inn på riktig tidspunkt og med riktig kraft for å optimalisere forholdene over flere ledd. Samtidig må antagonist aktiveres til en viss grad for å stabilisere, men ikke så mye at de hemmer den ønskede kraftutviklingen. Dette omtaler vi ofte som koordinasjon eller teknikk i ulike øvelser. Jo mer komplisert en øvelse er teknisk sett, jo viktigere er denne faktoren for kraften som utvikles.

² over maksimal; en frekvens som er høyere en den som trengs for å oppnå maksimal kraft

³ de musklene som samarbeider om én bevegelse rundt ett ledd (for eksempel alle armbøyere)

⁴ muskler som samarbeider i bevegelser som går over flere ledd (sete- og lårmuskulatur i en knebøy)

⁵ de musklene som gjør motsatt bevegelse av agonistene over et ledd (alle strekkere er antagonistene til bøyer)

Hvordan trene for å øke maksimal muskelstyrke?

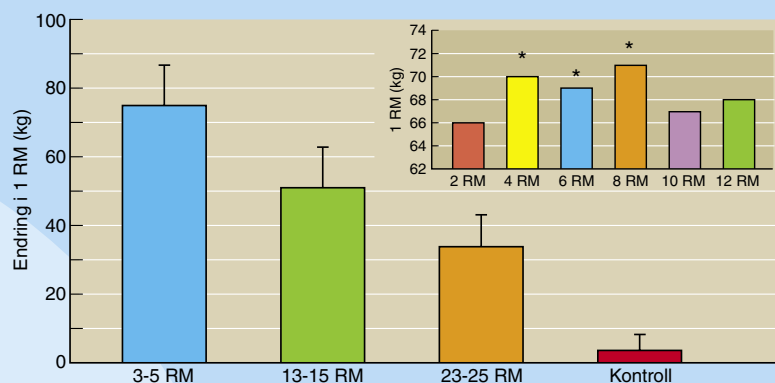
Grovt sett kan vi dele de enkelte komponenter i treningen av maksimal styrke for en enkelt muskelgruppe opp i:

- Intensitet gitt som motstand/kraft i hver kontraksjon, gitt ved kg på vektstang (absolutt motstand) og prosent av 1 RM eller X RM (relativ motstand; 5 RM tilsvarer den tyngste motstanden du kan greie 5 repetisjoner med)
- Treningsvolum for hver enkelt muskelgruppe:
 - Volum i hver treningsøkt (repetisjoner x serier x kg)
 - Treningsfrekvens (antall ganger samme muskelgruppe trenes per uke)

I tillegg vil den totale treningsbelastningen som påføres kroppen, ha betydning dersom denne overstiger en belastning som har negativ effekt på systemiske faktorer, for eksempel hormonbalansen. Det finnes et uendelig antall måter å kombinere de ulike komponentene i et styrketreningsprogram på, og det er derfor vanskelig å være nøyaktig i angivelsen av det optimale styrketreningsprogrammet. Det er imidlertid mulig å gi noen grove retningslinjer i forhold til valg av motstand, antall repetisjoner, antall serier og antall treningsøkter per uke.

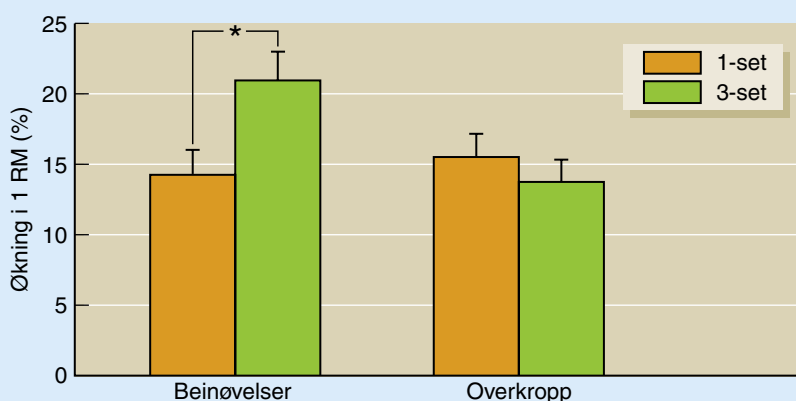
Intensitet/motstand: Det er stadig diskusjon om hvilken motstand som er mest effektiv for å øke vår muskelstyrke. Motstand i denne sammenheng uttrykkes ofte som prosent av den maksimale motstand man greier å utføre én repetisjon med (1 repetisjon maksimum; 1 RM). Grovt sett kan man si at trening med motstand mindre enn 60 % av 1 RM gir svært liten effekt på maksimal styrke (5). Nøyaktig hvilken motstand over dette som er optimal i forhold til å øke 1 RM, er vanskelig å bestemme. Sannsynligvis må man variere motstanden noe over tid for å få best resultat (periodisering). Enkelte studier har likevel prøvd å bestemme optimal motstand basert på antall repetisjoner man greier å gjennomføre i hver serie. Weiss et al. (6) sammenlignet effekten av tre ulike motstander på økning av 1 RM i løpet av sju ukers trening på utrente individer. Tre grupper trente tre ganger per uke med fire serier til utmattelse i knebøy. Ikke uventet så de at trening med en motstand der man greide 3–5 repetisjoner ga større økning i 1 RM enn med motstand der man greide 13–15 repetisjoner, som igjen ga bedre effekt enn motstand der man greide 23–25 repetisjoner (figur 7). Berger (7) lot seks grupper av studenter trene med forskjellig motstand i benkpress i 12 uker, og observerte at en motstand der man greier 4–8 repetisjoner er bedre enn både tyngre og lettere motstand (innfelt i figur 7). Dette tilsvarer en motstand på 80–90 % av 1 RM, men dette varierer noe mellom individer og mellom ulike øvelser.

Figur 7. Endring i 1 RM i knebøy etter sju ukers trening med den tyngste motstanden man kunne gjennomføre fire serier på 3–5, 13–15 eller 23–25 repetisjoner med. Innfelt: 1 RM i benkpress etter 12 ukers trening med motstander som kunne løftes 2–12 repetisjoner. Gruppene som trente med en motstand de greide 4, 6 og 8 repetisjoner med hadde signifikant større fremgang enn de som trente med motstander de greide 2, 10 og 12 repetisjoner med. Figuren bygger på resultater fra (6) og (37).



I de siste årene har flere idrettsutøvere lagt inn trening med supramaksimal motstand (over 100 % av 1 RM). Slik trening med ekstrem stor motstand i den eksentriske fasen av en kontraksjon har vist å gi god effekt på styrkefremgangen hos gode idrettsutøvere, og eksentrisk trening har også blitt populært i behandlingen av en del belastningsskader i sener. Det er imidlertid uklart om slik trening er mer effektiv enn den normale styrketreningen med samme motstand i eksentrisk og konsentrisk fase.

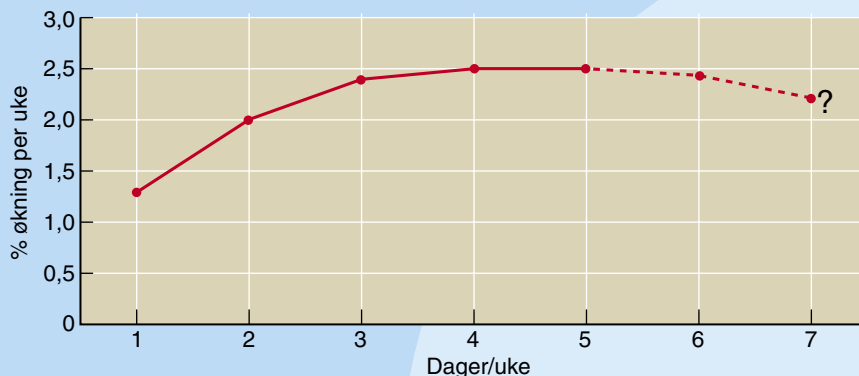
Treningsvolum (antall serier i hver øvelse). I en oversiktsartikkel fra 1998 konkluderes det noe overraskende med at det er liten forskjell i styrkefremgang om man trener med 1, 2 eller 3 serier per muskelgruppe (8). I de fleste studiene som er tatt med i denne undersøkelsen, trente man med en motstand som man greide 6–12 repetisjoner med, og man trente hver muskelgruppe to til tre ganger per uke. Det må påpekes at bare 3 av totalt 32 studier som det refereres til, hadde til hovedhensikt å undersøke effekten av antall serier. I de fleste nyere studier konkluderes det imidlertid med at multiple serier (2–4) gir bedre resultat enn om man bare trener én serie på hver muskelgruppe (9–12). Muligens kan effekten av ulikt treningsvolum være forskjellig om man trener muskulatur på overkropp eller beinmuskulatur. I to nye studier på utrente menn var effekten av tre serier signifikant bedre enn én serie på beinøvelser, men ikke på øvelser for overkroppsmuskulatur (13, 40) (figur 8). Basert på disse funnene kan det synes som om beinmuskulatur, som belastes mer enn overkroppsmuskulatur i det daglige, trenger et større treningsvolum for å få samme stimuli for å øke sin styrke.



Figur 8. Relativ økning i 1 RM for beinøvelser og overkroppsovelser etter seks uker med styrketrening for utrente menn. Treningen bestod av én eller tre serier på 7 RM (7 repetisjoner med den tyngste motstand man klarte) i alle øvelser, og treningen ble gjennomført 3 ganger per uke. Resultater fra (13).

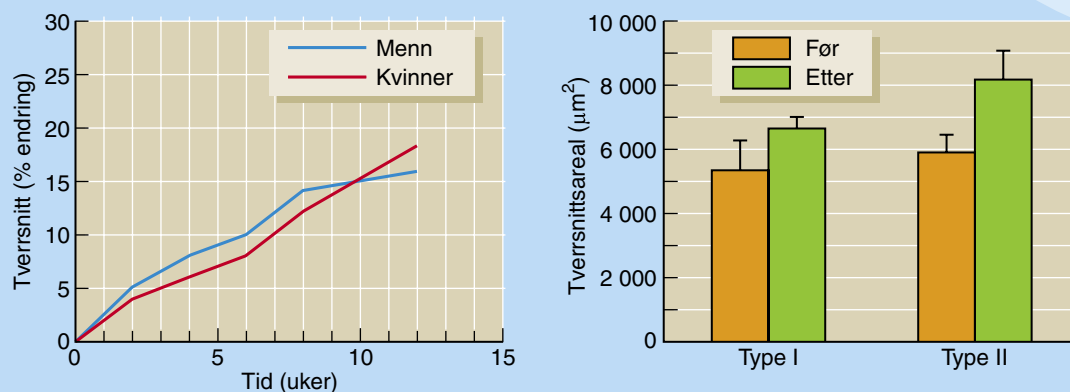
Treningsfrekvens. Dette er en variabel som det er svært vanskelig å si noe generelt om. Årsaken er at restitusjonstiden etter én styrkeøkt varierer mye etter hvor stort volum (antall repetisjoner, antall serier og øvelser), hvilken motstand (prosent av 1 RM) og hvilken kontraksjonsform som benyttes (konsentrisk vs. eksentrisk). I de studiene som er gjort, har man sett på «vanlige» styrketreningsprotokoller som består av to til fire serier på hver øvelse. Hver serie består av 6–12 repetisjoner med en motstand tilsvarende 75–85 % av 1 RM eller 6–12 RM (14–16). Her ser man at styrketilveksten per uke er større om man trener samme muskelgruppe tre til fem ganger per uke sammenlignet med én til to ganger per uke (figur 9). Men igjen, disse resultatene gjelder bare for de styrketreningsprotokollene som ble brukt i disse studiene, og alle er gjort på utrente individer. Det er hevdet at muskelgrupper i overkroppen trenger hyppigere stimulering enn muskelgrupper i beina, men dokumentasjonen bak denne påstanden er ikke overveldende (17).

Figur 9. Skjematiske fremstilling av treningsutbytte per uke (økning i 1 RM) når man trener samme muskelgruppe én til sju ganger per uke med én til tre serier med en motstand man greier 6–12 repetisjoner. Figuren er basert på resultater fra (14–16, 38).



Hvilke endringer kan vi se i muskulatur ved styrketrening?

Økning i en muskel eller muskelgruppes tverrsnitt er den best dokumenterte effekten av styrketrening. Med et styrketreningsprogram som baseres på de tidligere nevnte prinsipper med trening av hver muskelgruppe to til tre ganger i uka, kan man grovt sett forvente en økning i muskeltverrsnitt på 0,2–0,4 % per treningsøkt når man starter med styrketrening (5, 18). Økningen i muskeltverrsnitt er relativt rettlinjet i starten og lik for menn og kvinner i relative termer (figur 10). Etter hvert som man blir godt styrketrent (flere års trening), kan man forvente en gradvis mindre økning i muskeltverrsnitt, da 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.



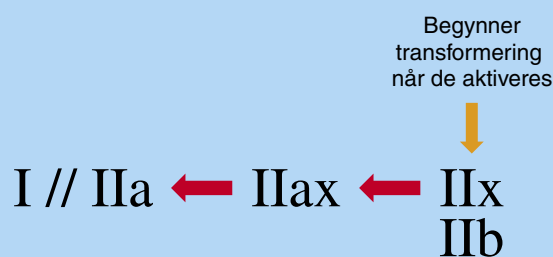
Figur 10. Venstre side: Relativ økning i tverrsnittet til m. biceps brachi hos menn og kvinner i løpet av 12 uker med styrketrening. Det ble gjennomført tre treningsøkter per uke. Basert på resultater fra (39). Høyre: Gjennomsnittlig tverrsnittsareal for type I og type II-fibrer m. biceps brachi før og etter en periode med styrketrening i 12 uker. Resultater fra (21).

I motsetning til hva man kan lese i lærebøker, ser tverrsnittsøkningen ut til å være relativt rettlinjet når man starter å trene styrke. Man ser også at type II-fibrer vokser noe raskere enn type I-fibrer (figur 10, høyre del). Økningen i en muskels tverrsnitt skyldes hovedsakelig at hver enkelt muskelfiber vokser i diameter (hypertrofi), men etter en lengre periode med styrketrening er det også sannsynlig at man får noen flere fibrer (hyperplasi) (19, 20). Tverrsnittene målt gjennom hele muskelens lengde øker ikke jevnt som følge av en periode med styrketrening. Størst økning i tverrsnitt får man som oftest i de områdene der tverrsnittet på muskelbuen i utgangspunktet er størst (21, 22) og det er endringene i dette området som også vil påvirke styrkeøkningen.

Endring i en muskels lengde er en lite fokusert faktor i styrketrening. Antall sarkomerer i serie i musklene kan både økes og reduseres etter de belastningene 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 ved. 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 varierer ut fra hvilken muskellengde man tester ved (23). Det er derfor viktig at muskellengden man trener ved, er i det området man ønsker å være sterk i utførelse av en idrett eller i oppgaver i dagliglivet. 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.

Når man jevnlig aktiverer alle muskelfibrer i en muskel, som ved regelmessig styrketrening, ser man at de hurtigste muskelfibrene våre (IIX) gradvis omdannes til IIA-fibrer. Denne transformeringen fra hurtige til langsommere muskelfibrer går relativt raskt, og man har bl.a. observert at andelen IIX-fibrer ble redusert fra 20 til 7 % hos utrente menn og kvinner etter bare fire uker med styrketrening (24). Sluttes man å trene styrke regelmessig, får man tilbake andelen av de raske fibrene. Dette tyder på at muskelfibrer som sjelden brukes, produserer den raskeste myosintypen, og at med en gang de begynner å aktiveres jevnlig, vil de gå over til å produsere den mellomraske formen av myosin.

Figur 11. Fibertypeovergang observert ved styrketrening. Rene IIX-fibrer ser ut til å omdannes med en gang de blir aktivert. De blir enten hybridfibrer mellom IIA og IIX eller rene IIA-fibrer. Sannsynligvis kan transformeringen videre mot type I-fibrer skje hvis treningsstimuli er av mer oksidativ karakter (utholdenhetstrening).



Bedret evne til å rekruttere flere motoriske enheter er ofte fremhevet som en av de viktigste årsakene til at man øker styrken relativt mye den første tiden man trener styrke. Nyere forskning viser imidlertid at selv utrente personer greier å rekruttere de fleste muskelfibrene i en muskelgruppe ved maksimal innsats (4). Dette betyr at det er et relativt lite potensial å ta ut på rekrutteringssiden i forhold til å øke maksimalstyrken. At man likevel kan observere en mye større økning i styrke enn i muskeltverrsnitt i starten av en styrketreningsperiode, skyldes i hovedsak at man får en bedre teknikk i utførelsen av testøvelsen.

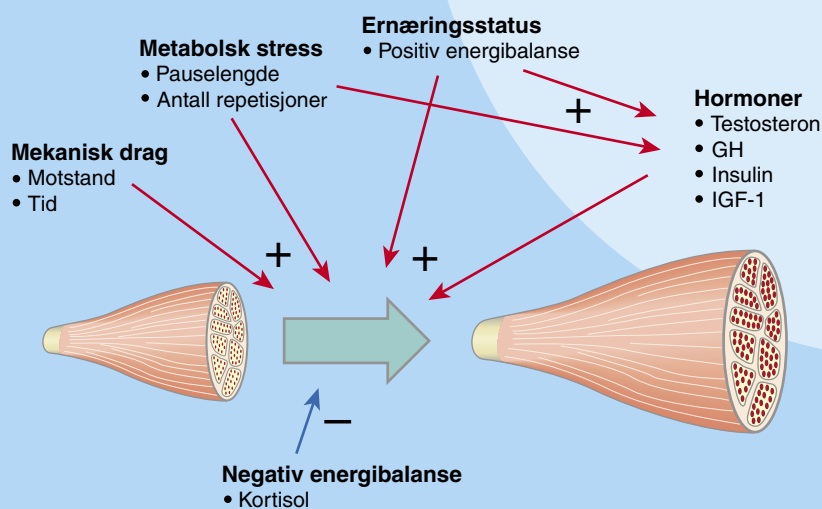
Hva får musklene våre til å vokse?

Det å skape et stort mekanisk drag i musklene ser ut til å være det essensielle stimulus for at en muskel skal vokse i tverrsnitt. Både i dyremodeller og i enkelte studier av mennesker har man sett at musklene begynner å vokse når de regelmessig utsettes for et mekanisk drag (25, 26). Både størrelsen på draget og tiden det varer ser ut til å ha betydning for hvor kraftig et slik stimulus er. I denne sammenhengen kan man tenke seg at eksentriske kontraksjoner er mer effektive enn konsentriske, da kraftutviklingen kan være større.

I tillegg til at man må skape et mekanisk drag i viktige strukturer i musklene, vil også andre faktorer påvirke muskelvekst. I løpet av de siste 10 årene har det kommet flere studier som har vist at et metabolsk stress sammen med det mekaniske draget øker muskelveksten. I noen studier har man bl.a. observert at tverrsnittøkningen akselereres hvis man ved samme kraftutvikling

forverrer muskelens metabolske forhold ved å stenge av blodtilførselen i kortere perioder (27, 28). De metabolske kravene i en muskelcelle er større ved konsentriske kontraksjoner enn ved rene eksentriske kontraksjoner. Det er mulig at noe av forklaringen på hvorfor ikke rene eksentriske kontraksjoner gir større effekt enn konsentriske kontraksjoner på muskelvekst kan ligge i forskjellene i metabolsk stress (29). Styrketrening der man kombinerer de gunstige effektene av den eksentriske og den konsentriske fasen kan derfor være en effektiv treningsform (tyngre motstand i eksentriske enn i konsentriske fase). Det må også sies at man ikke vet nøyaktig hvilke metabolske forhold som forårsaker den positive effekten på muskelvekst.

Musklene våre påvirkes også av det hormonelle miljøet i kroppen. Generelt har testosteron, veksthormon, insulin og IGF-1⁶ en positiv innvirkning på muskelvekst, mens spesielt kortisol har motsatt effekt. Balansen mellom hormonene med positiv effekt og kortisol påvirkes bl.a. av ernæringsstatus (figur 12). Ved en positiv energibalanse og et ellers godt kosthold er det hormonelle miljøet i kroppen optimalt for at musklene våre skal vokse som respons på styrketrening. Er vi i energiunderskudd, reduseres produksjonen av samtlige hormoner med positiv effekt, samtidig med at kortisolproduksjonen øker. Resultatet er at vi i slike situasjoner taper muskelmasse totalt sett, men det er mulig å spare utvalgte muskelgrupper ved å drive styrketrening på disse. Treningsvolumet i én økt (gitt som antall repetisjoner i hver serie) og pauselengden mellom hver serie påvirker også hormonproduksjon. Generelt øker produksjonen av de positive hormonene mest når man trener serier til utmattelse rundt 10 repetisjoner og har relativt kort pause mellom hver serie (ca. 1 min) (18).



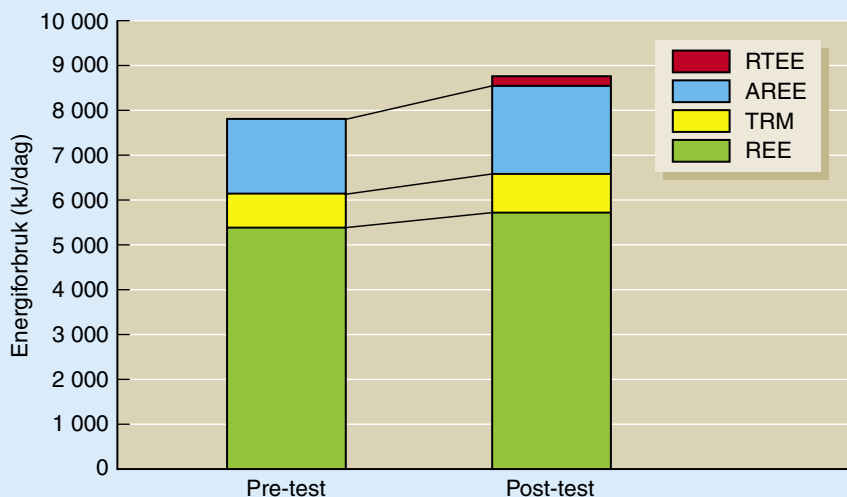
Figur 12. Faktorer som fremmer muskelvekst ved styrketrening.

Styrketrening av eldre

Vår absolutte styrke ser ut til å øke frem mot 30-årsalderen og holder seg relativt stabil mot 40–50-årsalderen, da den deretter gradvis vil avta. Tverrsnittundersøkelser tyder på at vår maksimale styrke vil avta med ca. 15 % per tiår fra 50 til 70 år, mens styrkereduksjonen vil øke til ca. 30 % per tiår etter fylte 70 år (30). Styrken avtar både som en funksjon av at hver enkelt fiber reduserer sin diameter og ved at antall muskelfibrer reduseres. Man ser også en endring i fibertypesammensetningen ved at andelen type I-fibrer øker (31). Tap av styrke og aerob kapasitet fører til et stadig lavere funksjonsnivå med stigende alder. I USA har man sett at 40 % i aldersgruppen 55–64 år, 45 % i aldersgruppen 65–74 år og hele 65 % i aldersgruppen 75–84 år ikke er i stand til å løfte gjenstander tyngre enn 4,5 kg opp fra gulvet (30). Dette medfører at store grupper av eldre ikke har styrke nok til å gjennomføre mange daglige oppgaver. Det ser ut til at liten styrke er en større begrensning i forhold til livsutfoldelse sammenlignet med utholdenhet for mange eldre.

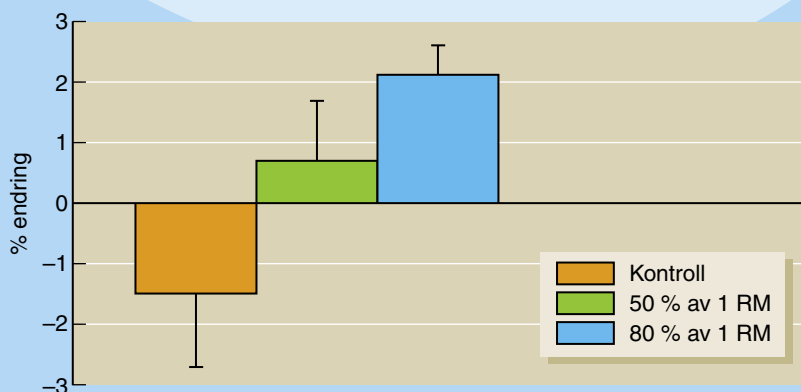
⁶ Insulin-like growth factor 1

Styrketrening etter de samme prinsipper som man bruker på yngre personer, øker Eldres styrke, øker deres muskelmasse og øker funksjon målt i utførelsen av flere dagligdagse oppgaver (32–34). Studier er gjennomført med forsøkspersoner helt oppe i en alder av 101 år, og alle viser de samme gunstige effektene. I en studie trente en gruppe eldre menn og kvinner (61–77 år) styrketrening i 26 uker (35). Etter treningsperioden var styrke i gjennomsnitt økt med 36 % for muskulaturen i både bein og overkropp. Videre var muskelmassen økt med 2 kg, og fettmassen redusert. Totalt energiforbruk i løpet av en dag var økt med 12 % som følge av økt hvilestoffskifte (7 % pga. økt muskelmasse), og ikke minst på grunn av at mengden spontan aktivitet var økt med 30 % (figur 13).



Figur 13. Totalt daglig energiforbruk og dets enkeltkomponenter før og etter 26 uker med styrketrening blant eldre menn og kvinner. Totalt energiforbruk økte med 12 % som en følge av økt hvilestoffskifte (7 %) og økning i spontan fysisk aktivitet (30 %). REE = resting energy expenditure, TRM = Thermic response to food, AREE = activity related energy expenditure og RTEE = resistance training energy expenditure. (Resultater fra (35)).

Med økende alder reduseres også beinmineraltettheten. Lav beinmineraltetthet sammen med økt risiko for å falle på grunn av svakere muskulatur, øker risikoen for bruddskader dramatisk. Styrketrening i ung alder bidrar til at man oppnår en høy beinmineraltetthet i voksen alder. I tillegg har man sett at styrketrening i høy alder reduserer tapet av beinmineraltetthet, og i enkelte tilfeller øker beinmineraltettheten selv i godt voksen alder. I en studie av Vincent & Braith (36) så man at kvinner og menn i alderen 60–83 år økte beinmineraltetthet i lårhalsen etter 24 ukers styrketrening med en motstand på ca. 80 % av 1 RM. Det ser ut til at den samme typen trening som er mest effektiv til å øke maksimal styrke, også har gunstigst effekt på beintetthet. En annen gruppe som trente med en motstand på bare 50 % av 1 RM, fikk ikke samme effekt på beinmineraltetthet (figur 14).



Figur 14. Endring i beinmineraltetthet i lårhals etter 24 uker med styrketrening med høy intensitet (80 % av 1 RM) og lav intensitet (50 % av 1 RM). Forsøkspersonene var 62 kvinner og menn i alderen 60–83 år. Resultater fra (36).

Referanser

- (1) Knuttgen HG, Kraemer WJ. Terminology and Measurement in Exercise Performance. *J Appl Sport Sci Res* 1987; 1(1):1-10.
- (2) Staron RS, Leonardi MJ, Karapondo DL, Malicky ES, Falkel JE, Hagerman FC, Hikida RS. Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining. *J Appl Physiol* 1991; 70(2):631-640.
- (3) Andersen JL, Klitgaard H, Saltin B. Myosin heavy chain isoforms in single fibres from m. vastus lateralis of sprinters: influence of training. *Acta Physiol Scand* 1994; 151(2):135-142.
- (4) Behm DG. Neuromuscular Implications and Applications of Resistance Training. *J Strength Cond Res* 1995; 9(4):264-274.
- (5) McDonagh MJ, Davies CT. Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *Eur J Appl Physiol* 1984; 52(2):139-155.
- (6) Weiss LW, Coney HD, Clark FC. Differential Functional Adaptations to Short-Term Low-, Moderate-, and High-Repetition Weight Training. *J Strength Cond Res* 1999; 13(3):236-241.
- (7) Berger R. Effect of Varied Weight Training Programs on Strength. *The Research Quarterly* 1961; 33(2):168-181.
- (8) Carpinelli RN, Otto RM. Strength training. Single versus multiple sets. *Sports Med* 1998; 26(2):73-84.
- (9) Kraemer WJ. A Series of Studies -The Physiological Basis for Strength Training in American Football: Fact Over Philosophy. *J Strength Cond Res* 1997; 11(3):131-142.
- (10) Schlumberger A, Stec J, Schmidtleicher D. Single- vs. multiple-set strength training in women. *J Strength Cond Res* 2001; 15(3):284-289.
- (11) Borst SE, De Hoyos DV, Garzarella L, Vincent K, Pollock BH, Lowenthal DT, Pollock ML. Effects of resistance training on insulin-like growth factor-I and IGF binding proteins. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33(4):648-653.
- (12) Sanborn K, Boros R, Hruby J, Schilling B, O'Bryant HS, Johnson RL, Hoke T, Stone ME, Stone MH. Short-Term performance Effects of Weight Training With Multiple Sets Not to Failure vs. a Single Set to Failure in Women. *J Strength Cond Res* 2000; 14(3):328-331.
- (13) Paulsen G, Mykkestad D, Raastad T. The influence of volume of exercise on early adaptations to strength training. *J Strength Cond Res*. In press.
- (14) McKenzie GG. Effects of frequency of weight training on muscle strength enhancement. *J Sports Med Phys Fitness* 1981; 21(4):432-436.
- (15) Gregory LW. Some observations on strength training and assessment. *J Sports Med Phys Fitness* 1981; 21(2):130-137.
- (16) 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(5):316-319.
- (17) Tan B. Manipulating Resistance Training Program Variables to Optimize Maximum Strength in Men: A Review. *J Strength Cond Res* 1999; 13(3):289-304.
- (18) Raastad T. Fysiologisk adaptasjon til styrketrening. 3 ed. Oslo: Norges idrettshøgskole, 2002.
- (19) MacDougall JD. Hypertrophy or Hyperplasia. In: Komi PV, editor. *Strength and power in sport*. London: Blackwell Science Ltd., 1992: 230-238.
- (20) McCall GE, Byrnes WC, Dickinson A, Pattany PM, Fleck SJ. Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *J Appl Physiol* 1996; 81(5):2004-2012.
- (21) Roman WJ, Fleckenstein J, Stray-Gundersen J, Alway SE, Peshock R, Gonyea WJ. Adaptations in the elbow flexors of elderly males after heavy- resistance training. *J Appl Physiol* 1993; 74(2):750-754.
- (22) Hakkinen K, Pakarinen A, Kraemer WJ, Hakkinen A, Valkeinen H, Alen M. Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. *J Appl Physiol* 2001; 91(2):569-580.
- (23) Mansell S, Phillips SK, Rutherford OM. Muscle length changes following strength training of the adductor pollicis muscle. *J Physiol* 1997; 499P:83P.
- (24) Staron RS, Karapondo DL, Kraemer WJ, Fry AC, Gordon SE, Falkel JE, Hagerman FC, Hikida RS. Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *J Appl Physiol* 1994; 76(3):1247-1255.
- (25) Leivseth G, Torstenson J, Reikeras O. Effect of passive muscle stretching in osteoarthritis of the hip. *Clin Sci (Lond)* 1989; 76(1):113-117.
- (26) Sola OM, Christensen DL, Martin AW. Hypertrophy and hyperplasia of adult chicken anterior latissimus dorsi muscles following stretch with and without denervation. *Exp Neurol* 1973; 41(1):76-100.
- (27) Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol* 2000; 88(6):2097-2106.
- (28) Takarada Y, Sato Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *Eur J Appl Physiol* 2002; 86(4):308-314.
- (29) Jones DA, Rutherford OM. Human muscle strength training: the effects of three different regimens and the nature of the resultant changes. *J Physiol* 1987; 391:1-11.
- (30) Evans W. Functional and metabolic consequences of sarcopenia. *J Nutr* 1997; 127(5 Suppl):998S-1003S.
- (31) Larsson L. Physical training effects on muscle morphology in sedentary males at different ages. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14(3): 203-206.
- (32) Humphries B, Newton RU, Bronks R, Marshall S, McBride J, Triplett-McBride T, Hakkinen K, Kraemer WJ, Humphries N. Effect of exercise intensity on bone density, strength, and calcium turnover in older women. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32(6):1043-1050.
- (33) Hakkinen K, Alen M, Kallinen M, Newton RU, Kraemer WJ. Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *Eur J Appl Physiol* 2000; 83(1):51-62.
- (34) Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND, Clements KM, Solares GR, Nelson ME, Roberts SB, Kehayias JJ, Lipsitz LA, Evans WJ. Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med* 1994; 330(25):1769-1775.
- (35) Hunter GR, Wetzstein CJ, Fields DA, Brown A, Bamman MM. Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults. *J Appl Physiol* 2000; 89(3): 977-984.
- (36) Vincent KR, Braith RW. Resistance exercise and bone turnover in elderly men and women. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34(1):17-23.
- (37) Berger RA. Optimum Repetitions for the Development of Strength. *The Research Quarterly* 1962; 33(3):334-338.
- (38) Raastad T, Glomsdell T, Bjoro T, Hallen J. Changes in human skeletal muscle contractility and hormone status during 2 weeks of heavy strength training. *Eur J Appl Physiol* 2001; 84(1-2):54-63.
- (39) 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(3):174-180.
- (40) Rønnestad BR. Effekt av ett og tre setts styrketrening på styrke og muskeltvernsnitt i under og overkroppsmuskulatur. Hovedfagsoppgave - Norges idrettshøgskole, 2004.

s v a r f a k s

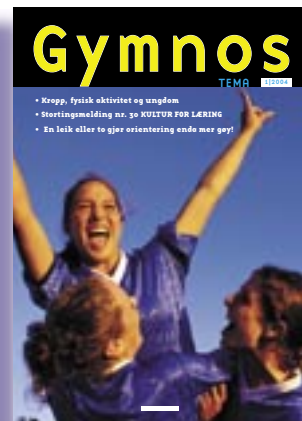
K o p i e r , f y l l u t o g f a k s i n n

Til:

**Cappelen Undervisning
Videregående skole**

Postboks 350 Sentrum
0101 Oslo

Faksnummer **22 36 50 46**



Ja, jeg ønsker å stå på liste som mottaker av *Gymnos Tema*

Skolens navn

Adresse

Faglærer

Faglærer

Faglærer



1829

CAPPELEN

ISBN 82-02-24600-8