

# Mastergradsoppgave

**Effekten av bevegelseslik maksimal styrketrening på utholdenhetsprestasjonen i staking på rulleski hos to godt trente eldre, mannlige langrennsløpere.**

**Morten Kristoffersen**

**Høgskolen i Nord-Trøndelag**

**Levanger**

**April 2008**





---

## FULLMAKTSERKLÆRING – MASTERAVHANDLING

Norsk tittel: **Effekten av bevegelseslik maksimal styrketrening på utholdenhetsprestasjonen i staking på rulleski hos to godt trente eldre, mannlige langrennsløpere.**

Engelsk tittel: **Effects of movement specific maximal strength training on endurance-performance in double poling on roller ski in two highly trained elderly, male cross-country skiers.**

Sett ett kryss:

- Jeg ønsker at min avhandling skal være allment tilgjengelig
- Min avhandling må bare lånes ut etter samtykke i hvert enkelt tilfelle
- Min avhandling inneholder taushetsbelagte opplysninger og er derfor ikke tilgjengelig for andre

Dato: \_\_\_\_\_ Navn: \_\_\_\_\_

## **Effects of movement specific maximal strength training on endurance-performance in double poling on roller ski in two highly trained elderly, male cross-country skiers.**

**M. Kristoffersen**

Nord-Trøndelag University College

Abstract: The aim of this study was to investigate the effects of maximal strength training on a) double poling performance at short and long distances on roller skis and, b) changes in strength-endurance on submaximal loads in the strength training apparatus. Two highly trained men, 60 years of age, and a maximal oxygen uptake ( $VO_{2maks}$ ) of 58 and 50 mL · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup> were selected for this experiment. The subjects have long experience with endurance training from cross-country skiing, but little experience with strength training. A pretest-posttest experimental design was applied, with a nine week training intervention between pre- and posttest. Strength training and testing was carried out using a modified cable pulley, designed to simulate the double poling technique on roller ski. Force parameters were measured using a force transducer. Strength training was performed three times a week for nine weeks. The endurance training during the experiment was the same as the last two months before the experiment. Tests performed in pre- and posttest were one repetition maximum (1RM), peak force and time to peak force with a workload at 80% of 1RM in pretest (PF<sub>80</sub>, TPF<sub>80</sub>), maximal repetitions with a workload at 60 and 80% of 1RM in pretest (rep<sub>60</sub>, rep<sub>80</sub>). In posttest PF, TPF, and maximal repetitions with a workload at 80% of 1RM in posttest were measured. The maximal oxygen uptake was measured in pre- and posttest while the subjects ran on a treadmill. Performance tests on roller ski were, 50 m, 1,5 km and 7,8 km. Accumulated oxygen uptake was measured during the last two tests. One repetition maximum improved with 35 and 20%. The subjects had an improvement in all performance tests on roller ski: 50 m with 0,47 and 0,21 s, 1,5 km with 6,5 and 8 s, and 7,8 km with 40 and 37 s. Rep<sub>80</sub> improved from 27 to 77 rep, and from 18 to 78 rep. Rep<sub>60</sub> improved from 305 to 463, and from 97 to 490 rep. It is concluded that maximal strength training with emphasis on improved 1RM, may improve endurance performance in double poling on roller ski in highly trained elderly cross-country skiers.

Keywords: maximal strength training, 1RM, double poling on roller ski, endurance-performance, elderly men.

## **Effekten av bevegelseslik maksimal styrketrening på utholdenhetsprestasjonen i staking på rulleski hos to godt trente eldre, mannlige langrennsløpere.**

### **M. Kristoffersen**

Høgskolen i Nord-Trøndelag

Sammendrag: Målet med dette forsøket var å undersøke effekten av maksimal styrketrening på a) prestasjonsevnen på korte og lange distanser i staking på rulleski og b) endring i utholdende/submaksimal muskelstyrke i selve treningsøvelsen. Forsøkspersonene var to godt trente menn på 60 år, med maksimalt oksygen opptak på henholdsvis 58 og 50 mL · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>. Forsøkspersonene hadde lang erfaring fra utholdenhetstrening i langrenn, men lite erfaring med styrketrening. Forsøket ble gjennomført innen et pre- og postdesign med en treningsintervensjon på ni uker mellom pre- og posttestene. Både styrketestene og styrketreningen ble gjennomført i et spesialdesignet styrkeapparat hvor kraftutviklingen kunne måles kontinuerlig ved hjelp av en veiecelle, og der øvelsen kunne gjennomføres med tilnærmet lik teknikk som ved staking på rulleski. Det ble gjennomført maksimal styrketrening tre ganger i uken i ni uker. Utholdenhetstreningen i forsøksperioden var lik den som ble gjennomført de to siste månedene før forsøket. I pre- og posttesten ble det foretatt målinger av 1 repetisjon maksimum (1RM), peak force (PF) og time to peak force (TPF) med en belastning på 80 % av 1RM i pretest (PF<sub>80</sub>, TPF<sub>80</sub>). I tillegg ble maksimalt antall repetisjoner (rep.) med en belastning tilsvarende 60 % og 80 % av 1RM i pretest (rep<sub>60</sub>, rep<sub>80</sub>) målt i både pre- og posttest. I posttesten ble også PF, TPF og maksimalt antall rep. ved 80 % av 1RM i posttest målt. Videre ble maksimalt oksygenopptak (VO<sub>2maks</sub>) og prestasjonsevnen på rulleski målt både i pre- og posttesten. Maksimalt oksygenopptak ble gjennomført ved løping på tredemølle. Rulleskitestene bestod av staketester over 50 m, 1,5 km og 7,8 km. Under de to siste testene ble det også målt akkumulert oksygenopptak (akkumVO<sub>2</sub>). Resultatene viser at 1RM økte med henholdsvis 35 % og 20 % for de to forsøkspersonene. Forsøkspersonene forbedret tidene sine på alle staketestene; 50 m med 0,47 og 0,21 sek., 1,5 km med 6,5 sek. og 8 sek., 7,8 km med 40 sek. og 37 sek. Antallet rep. på submaksimal belastning økte for begge forsøkspersonene. På 80 % belastning var framgangen fra 27 til 77 rep. og fra 18 til 78 rep. På 60 % belastning var tallene tilsvarende en økning fra 305 til 463 rep. og fra 97 til 490 rep. Undersøkelsen viser at godt utholdenhetstrente personer kan bedre den utholdende prestasjonsevnen og den utholdende/submaksimale styrken gjennom bevegelseslik maksimal styrketrening med fokus på å forbedre 1RM. Undersøkelsen viser

videre en klar sammenheng mellom økning i 1RM og prestasjonsforbedring i staking på rulleski.

Nøkkelord: maksimal styrketrening, 1RM, staking på rulleski, utholdenhetsprestasjon, eldre menn.

---

## Innledning

Hensikten med denne undersøkelsen var å undersøke effekten av maksimal styrketrening (økt 1RM) på prestasjonsevnen i staking på rulleski hos eldre godt trente menn med erfaring fra langrenn. Det er i dag godt dokumentert at den fysiologiske adaptasjonen fra styrke- og utholdenhetstrening er forskjellig (Nader 2006; Åstrand mfl., 2003). Utholdenhetstrening gjennomføres med relativ liten motstand og med mange repetisjoner, og er rapportert å effektivt øke prestasjonsevnen i utholdenhetsidretter gjennom en forbedring av det maksimale oksygenopptaket ( $VO_{2maks}$ ), heving av melkesyreterskelen og bedring av arbeidsøkonomien (Pate og Kriska, 1984; Åstrand mfl., 2003; Bassett og Howley, 2000). Styrketrening gjennomføres med stor belastning og få repetisjoner og er rapportert å forbedre muskelstyrken gjennom en økning av muskeltverrsnittet, samt en forbedring av nevromuskulære forhold (Fleck og Kraemer, 2004; Åstrand mfl., 2003).

Flere studier viser at kombinert styrke- og utholdenhetstrening kan ha positiv effekt på prestasjonen i utholdenhetsidretter (Hickson 1980, 1988; Hoff mfl., 1999, 2002; Paavolainen mfl., 1999; Østerås mfl., 2002; Terzis mfl., 2005; Welde, 2006; Mikkola mfl., 2007), mens andre studier viser at styrketrening ikke har noen effekt (Bishop, 1999; Bastiaans, 2001). Hoff mfl. (1999, 2002) og Østerås mfl. (2002) viste at en økning i 1RM på bakgrunn av maksimal styrketrening kan ha effekt på den utholdende prestasjonsevnen i staking. Andre studier viser at utholdenhetstrening har negativ effekt på styrkeutviklingen når styrke- og utholdenhetstrening drives samtidig (Dudley og Djamil, 1985; Hickson, 1980; Hunter mfl., 1987), mens styrketrening på sin side ikke virker negativt inn på utholdenhetskapaasiteten uttrykt gjennom  $VO_{2maks}$  (Dudley og Djamil, 1985; Hickson, 1980; Kraemer mfl., 1995; Nader, 2006; Chromiak og Mulvaney, 1990). Kraemer (1995) fant ingen negativ effekt verken på styrkeutvikling eller utholdenhet dersom kombinert styrke- og utholdenhetstrening gjennomføres med ulike muskelgrupper.

Den ledende teorien om effekten av maksimal styrketrening på utholdenhetsprestasjonen er at det fører til bedre prestasjoner gjennom forbedret arbeidsøkonomi (Paavolainen mfl., 1999; Hoff mfl., 1999, 2002; Østerås mfl., 2002). En forklaringsvariabel på bedret arbeidsøkonomi er at ved økt maksimal styrke vil man anvende en mindre prosentandel av maksimalkraften ved en gitt arbeidsbelastning (Hickson mfl., 1988). Blodgjennomstrømningen til arbeidende muskler hemmes allerede ved 15 % av maksimal dynamisk kraftutvikling, og en kontraksjon på 70 % av maksimal dynamisk kraft vil sannsynligvis føre til en fullstendig avstegning av kappilærene (Shepard mfl., 1988). Ved en økning i 1RM vil arbeid på en gitt belastning bli relativt lavere. Hoff mfl. (1999, 2002) og Østerås mfl. (2002) hevder at dette kan være en forklaring på forbedret arbeidsøkonomi i deres forsøk. De samme forfatterne hevder at en forbedring i TPF fører til en lengre pause mellom kontraksjonene, noe som også er gunstig for blodgjennomstrømningen, og derfor fører til forbedret arbeidsøkonomi. Maksimal styrketrening kan også forbedre den anaerobe kapasiteten, noe som kan gi utslag på den totale utholdenhetsprestasjonen (Paavolainen mfl., 1999).

I en undersøkelse gjennomført med godt trente unge langrennsløpere (Hoff mfl., 2002), ble det funnet en liten økning i 1RM, mens det var en stor forbedring i TPF ved en belastning på 60 og 80 % av 1RM. Det ble derfor hevdet at TPF kan ha større betydning enn forbedret 1RM for utholdenhetsprestasjonen i staking.

Flere undersøkelser viser stor økning i maksimal styrke, uavhengig av alder, ved trening av maksimal styrketrening. Häkkinen mfl., (1998) sammenlignet forbedring i kraftutvikling (power) mellom yngre (29 år) og eldre (61 år) menn. Begge gruppene trente et styrkeprogram i 10 uker. Det var signifikant fremgang i 1RM for begge gruppene. Det var imidlertid bare den yngste gruppen som fikk forbedring i power. Om dette skyldes biologisk betingete aldersforskjeller i muskelfunksjoner, eller om det for eksempel skyldes ulik motivasjon for gjennomføring og dermed også for intensiteten i treningen, er usikkert. Verney mfl., (2006) gjennomførte en studie med en gruppe eldre (73 år) hvor det ble drevet styrketrening for overkroppen og utholdenhetstrening med beina. I dette studiet trente forsøkspersonene med den hensikt å øke både muskelstyrke og maksimalt oksygenopptak. Resultatene viser økning i muskeltverrsnitt og styrke i de styrketrente muskelgruppene. Det var også signifikant økning i  $VO_{2peak}$  både for overkropp og bein. Jozsi mfl., (1999) gjennomførte et forsøk hvor yngre (21-30 år) og eldre (56-66 år) menn og kvinner trente styrketrening to dager i uken med en

belastning på 80 % av 1RM. Power ble testet ved en belastning på 40, 60 og 80 % av 1RM. Begge gruppene hadde samme økning i power på 40 % og 60 % av 1RM, og ingen økning i power ved 80 % av 1RM.

Det er vist økning i styrke uten økning i muskelmasse (hypertrofi) på utøvere i alle aldre, og styrkeeffekten forklares da med forbedret nevromuskulær funksjon (Brown, McCartney, og Sale, 1990; Moritani og DeVries, 1980; Fleck og Kraemer, 2004). Neural tilpassning blir brukt som begrep når styrketrening fører til økt styrke og/eller eksplosivitet uten eller med minimal hypertrofi. Begrepet beskriver flere tilpassninger, for eksempel endring i rekrutteringsmønsteret, fyrings frekvens, synkronisering av motoriske enheter, bedret reflekspotensial, koordinasjon og kokontraksjon mellom antagonister og synergister. Bedre teknikk i den utførte styrkeøvelsen er også en vesentlig faktor (Behm, 1995).

Nevromuskulære forhold blir i denne tradisjonen et samlebegrep der eksempelvis både læring, motivasjon, arbeidsøkonomi og tilpassning til testsituasjonen inngår. Nevromuskulære ad hoc begreper av denne typen, har derfor egentlig ingen forklaringsverdi uten at det også gjøres uavhengige nevromuskulære målinger som kan bidra til å operasjonalisere begrepet. Andre studier viser også økning i muskelmasse (hypertrofi) både for yngre og eldre personer som følge av styrketrening (Hakkinen mfl., 1998; Frontera, 1988; Roth mfl., 2000; Hakkinen mfl., 2000; Verney mfl., 2006).

Ettersom mange eldre voksne bruker langrenn som trenings- og mosjonsform, er det ytterst dagsaktuelt å studere effekten av maksimal styrketrening hos eldre utøvere. Både nasjonalt og internasjonalt arrangeres det i dag skirenn hvor deltagerne konkurrer mot andre på sin alder eller nivå. Dette er konkurranser med stor deltagelse. I Birkebeinerrennet (2008) var det 2610 deltagere over 50 år.

Effekten av bevegelseslik maksimal styrketrening på utholdenhetsprestasjonen hos godt trente eldre utøvere er ikke kjent. Det er heller ikke kjent om økning av 1RM har effekt på utholdenhetsprestasjonen hos godt trente eldre utøvere. Hensikten med denne undersøkelsen var å undersøke om bevegelseslik maksimal styrketrening har effekt på a) prestasjonsevnen på korte og lange distanser i staking på rullski hos eldre utøvere, og b) endring i den utholdende og submaksimale muskelstyrken i selve treningsøvelsen. Hypotesen er at en sterk muskel jobber mer økonomisk enn en svak muskel. Styrketreningen ble derfor gjennomført i den

hensikt å øke 1RM i en spesifikk stavebevegelse mest mulig, samtidig som andre fysiske treningsvariabler ble holdt stabile gjennom forsøksperioden. Det ble derfor ikke drevet utholdenhetstrening gjennom aktiviteter som involverer de musklene som antas å være mest aktive i styrketreningsøvelsen.

## Metode

### Forsøkspersoner

Forsøkspersonene var to relativt godt trente menn på 60 år med maksimalt oksygen opptak på henholdsvis 58 og 50 mL · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>, begge med lang erfaring fra utholdenhetstrening i langrenn, men med lite erfaring fra styrketrening. Begge konkurrerer fortsatt, og har deltatt i renn som Birkebeineren, Skarverennet og Vasaloppet. En av forsøkspersonene kan vise til flere topp plasseringer i sin klasse i Skarverennet og gode plasseringer i Birkebeineren. De rapporterer å ha trent mellom 150-200 timer utholdenhetstrening i året de ti siste årene. Forsøkspersonenes maksimale oksygenopptak og antropometriske data er vist i Tabell 1.

Utvelgelse av forsøkspersoner er gjort på bakgrunn av fem kriterier:

1. Godt utholdenhetstrent i forhold til alder
2. Lang erfaring med langrenn
3. Godt kjent med rulleski som treningsform
4. Lite erfaring med maksimal styrketrening
5. Være villig til å gjennomføre samme utholdenhetstrening i forsøksperioden som den treningen de har gjennomført de to siste månedene før forsøket startet.

Forsøkspersonene har fylt ut et egenerklæringsskjema i henhold til Helsinki deklarasjonen.

**Tabell 1.** Forsøkspersonenes alder, vekt, høyde og VO<sub>2max</sub> før en ni ukers lang treningsintervensjon.

	Alder	Vekt	Høyde	VO <sub>2max</sub>	
	(år)	(kg)	(cm)	(L · min <sup>-1</sup> )	(mL · kg <sup>-1</sup> · min <sup>-1</sup> )
Fp I	60.6	77.6	181	4.5	58.1
Fp II	60.7	84.4	181	4.2	49.5

VO<sub>2max</sub> = maksimalt oksygen opptak på tredemølle, løping



## Design

Undersøkelsen ble gjennomført innen et pre- og postdesign. Før treningsintervensjonen startet gjennomgikk utøverne tester i et spesialdesignet stakeapparat (se avsnittet om tester under for nærmere informasjon), det ble gjennomført målinger av maksimalt oksygenopptak ved løping på tredemølle, samt at de fullførte prestasjonstester på rulleski. De samme testene ble med noen tilleggsmålinger på styrke, gjennomført etter at intervensjonsperioden med styrketrening var avsluttet.

Pre- og posttester ble gjennomført over tre dager, med en dags pause mellom styrketestene og de andre testene (Tabell 2). Det ble ikke gjennomført styrketrening tre dager før testene. Intervensjonsperioden var på ni uker, hvor det ble gjennomført styrketrening spesifikt rettet mot å forbedre styrken til de musklene som antas å være mest aktive i stakebevegelsen på rulleski.

## Tester

De tre testtypene som ble gjennomført bestod av følgende elementer:

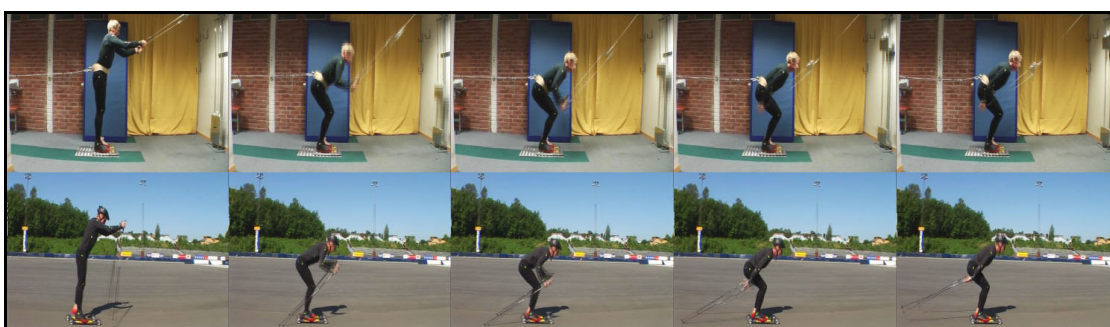
- a) Stakeapparatet (Figur 1) var konstruert for å etterligne stakebevegelser på ski og rulleski. Det ble brukt til flere testelementer:
  - Måling av 1RM, dvs. maksimal styrke i stakebevegelsen
  - Måling av Peak Force (PF) og Time to Peak Force (TPF) ved ulike belastninger
  - Antall repetisjoner (Rep) utøverne kunne utføre på ulike submaksimale belastninger.
- b) Maksimalt oksygenopptak ved løping på tredemølle (Rodby 3000) ble målt ved bruk av Metamax II.
- c) Prestasjonstester på rulleski gjennomført i en tunnel. Her ble det registrert:
  - Tid på 50 m staking.
  - Tid og akkumulert oksygenopptak ( $VO_2$ ) under 1,5 km staking.
  - Tid og akkumulert oksygenopptak ( $VO_2$ ) under 7,8 km staking.

**Tabell 2.** Tidsskjema over tester gjennomført i pre- og posttest.

Dag Tid	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag
08-09	Måling av høyde og vekt			
09-10	Test 1: 1 repetisjon maskimum	Testing av rulleski	Test 5 og 6: 50 m og 1,5 km staking på rulleski i tunnel	Test 8: 7,8 km staketest på rulleski i tunnel
10-11	Test 2 : Peak forse og time to peak force med en belastning på 80 % av 1RM i pretest			
11-12	Test 3: Antall repetisjoner med en belastning på 80 % av 1RM i pretest		Lunch	
12-13	Lunch			
13-14	Test 4: Antall repetisjoner med en belastning på 60 % av 1RM i pretest		Test 7: Maksimalt oksygenopptak på tredemølle	

### Stakeapparat

For å simulere bevegelsene i staking ble det laget et stakeapparat. Forsøkspersonenes staketeknikk på rulleski ble filmet (Sony HVR-V1E). Filmen ble brukt til å sammenligne staketeknikken i apparatet med staketeknikken på rulleski (Imovie08)(Figur 1.)

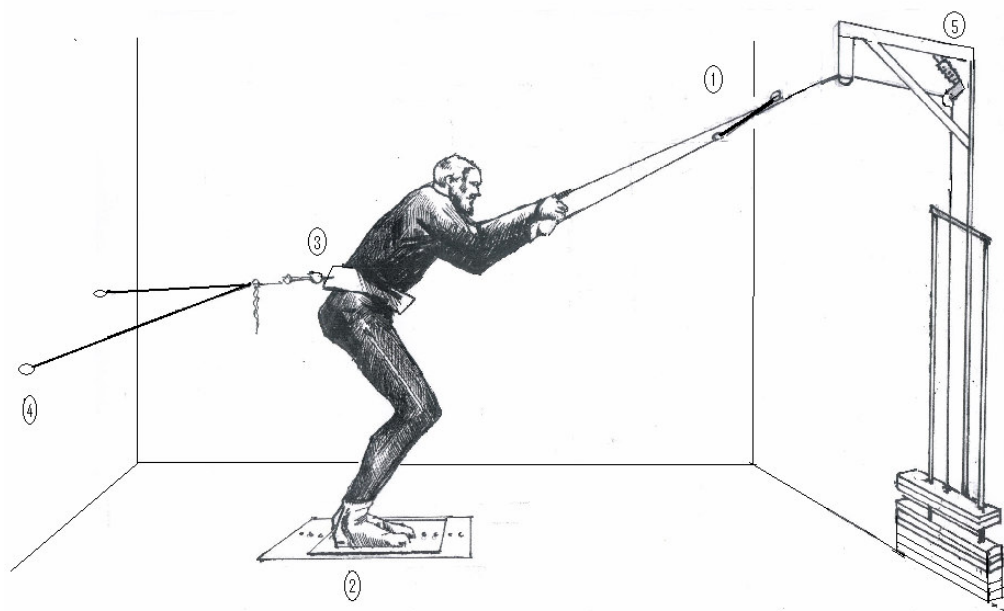


**Figur 1.** Stakeapparatet som ble brukt i undersøkelsen (øverst). Apparatet er designet på bakgrunn av videoanalyse av staketeknikk på rulleski (nederst).

Apparatet ble brukt både til testing av utøverne og til trening av styrke i intervensjonsfasen. Apparatet ble laget med utgangspunkt i et eldre nedtrekksapparat av type Saba. Apparatet er utstyrt med et drag laget i aluminium hvor det ble festet to vairer med reimer laget i skinn. Skibindinger (Rottefeller NNN) ble montert på en aluminiumsplate hvor det på undersiden

var montert demping på 1,3cm. Platen med bindinger kunne reguleres slik at en fikk ønsket avstand for å kunne utføre et naturlig drag tilsvarende et stavtak. Magebelte med vaier festet i vegg ble brukt for å stabilisere forsøkspersonene slik at de ikke skulle falle forover under utførelsen av draget (nedtrekket).

For måling av kraftutvikling ble stakeapparatet utstyrt med en lastcelle (SHBxR) (Figur 2, element 5). Det ble laget og montert et feste for lastcellen, slik at lastcellen ble montert i 45 grader på den horisontale delen av galgen (Figur 2). Det ble også montert en fotocelle for å registrere starten på et drag (nedtrekk), dvs. når vektene forlot sin hvilestilling.

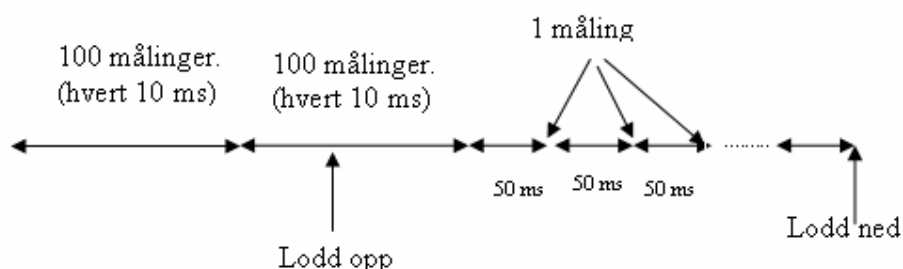


**Figur 2.** Stakeapparat ble laget med utgangspunkt i et nedtrekksapparat (Saba). 1. Draget laget i aluminium (64 x 4,5 x 1 cm), med reimer i skinn festet i vaier (115cm). 2. Skibindinger (Rottefeller NNN) montert på en aluminiumsplate (50x45 cm), hvor avstanden kan justeres ved å legge den oppå en aluminiumsplate (80x50cm) som er montert i gulvet. 3. Magebelte, med feste til vaier. 4. Regulerbar vaier festet i vegg. 5. Lastcelle for registrering av kraftutvikling.

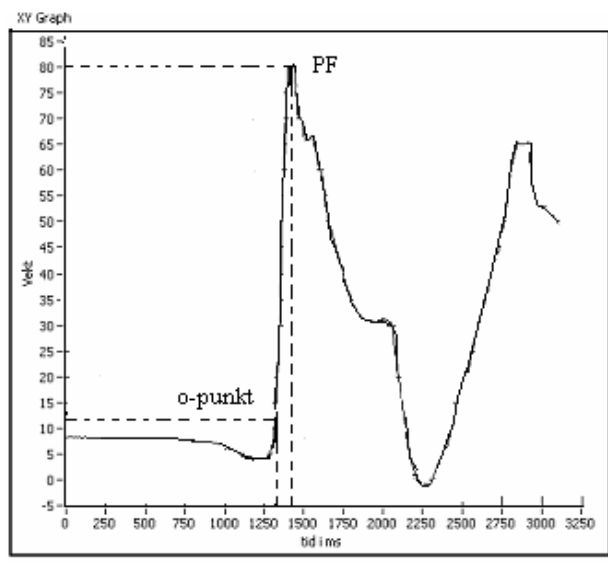
### Programvare/registrering av data

For å registrere kraften som ble påført lastcellen, ble programmet LabVIEW 8.0 benyttet. Ved siden av å registrere data fra lastcellen og fotocellen, ble det samme programmet også brukt for analyse, lagring og etterbehandling av data. Data ble overført fra lastcellen og fotocellen til PC (Dell Inspiron 700) ved hjelp av et DAQ-kort, NI USB-6008.

Kraftregistreringene ble gjort i serier med 100 målinger i sekundet, det vil si 10ms mellom hver. Data ble lagret i et regnearkformat slik at de er tilgjengelig for videre analyser. Figur 3 viser et eksempel på en måling for ett drag (nedtrekk). Figur 4 viser hvordan programmet fremstiller et drag grafisk, i figuren er det markert hva som er definert som dragets nullpunkt.



**Figur 3.** Viser målinger for et enkelt drag (nedtrekk).



**Figur 4.** Grafisk fremstilling av et drag (nedtrekk) i testing av peak force og time to peak force med en belastning på 80 % av 1RM i pretest. Belastningen er på 40 kg. Nullpunktet er satt til en økning i kraftutvikling på 1kg per 5 ms.

## Tester og prosedyrer

### *Styrketester.*

Første dag i pre- og posttest ble det gjennomført tester i stakeapparatet. Testene ble gjennomført på følgende måte:

- Testing opp til maks godkjent vekt i et drag (nedtrekk), 1RM
- Pause 30 min
- Måling av maksimal innsats i et drag (nedtrekk) med vekt tilsvarende 80 % av 1RM av pretest, PF<sub>80</sub> og TPF<sub>80</sub>
- Pause 5 minutter
- Testing av maksimalt antall repetisjoner på vekt tilsvarende 80 % av 1RM av pretest, Rep<sub>80</sub>
- Pause 1 time
- Testing av maksimalt antall repetisjoner på vekt tilsvarende 60 % av 1RM av pretest, Rep<sub>60</sub>.

I posttest ble det i tillegg gjennomført tilsvarende testing av 80 % av 1RM for posttest, en uke etter den første posttesten. I alle styrketestene ble det målt peak force (PF) og time to peak Force (TPF).

### *Kriterier for godkjent drag (nedtrekk)*

Det ble festet en markør som gikk fra hofte til kne, og en markør på personens håndledd. Et drag (nedtrekk) er godkjent når markøren på håndleddet er bak markøren på låret (Figur 5).

Alle dragenen ble filmet, slik at antall godkjente drag kunne fastslås i ettertid.

Kraftutviklingen for alle dragene ble registrert gjennom veiecellen i riggen, i tillegg ble alle data notert i egen testprotokoll. Starten på et drag (nullpunktet) ble satt til en økning i kraftutvikling på 1kg hvert 5ms.



**Figur 5.** Eksempel på et godkjent drag (nedtrekk).

### *Oppvarming og testprosedyre*

Før styrketestene ble det gjennomført en standardisert oppvarming. Oppvarming før testing av 1RM besto av en generell og en spesiell del. Generell oppvarming var løp på tredemølle i 10 min. med en belastning på ca. 60 % av maksimal hjertefrekvens ( $Hf_{maks}$ ), den spesifikke oppvarmingen bestod av 8 rep. med en belastning på ca 50 % av 1RM, 1 min pause, og 4 rep. med en belastning på ca. 70 % av 1RM. Testen startet 3 min etter oppvarming.

Før test 2 ( $PF_{80}$  og  $TPF_{80}$ ) ble det gjennomført en generell oppvarming som bestod av 5 min. løping på tredemølle med en intensitet tilsvarende ca. 60 % av  $Hf_{maks}$ . Deretter gjennomførte forsøkspersonene 8 rep. på 50 % 1RM, og deretter 3 min pause før testen starter. Test 3 ( $rep_{80}$ ) ble gjennomført 5 minutter etter test 2. Før test 4 ( $rep_{60}$ ) ble det gjennomført 10 min. generell oppvarming på tredemølle med en intensitet tilsvarende ca. 60 % av  $Hf_{maks}$ .

Testing av 1RM startet med en belastning nær den forventede 1RM. Etter godkjent drag (nedtrekk) økte belastningen med 2,5kg. Det var 3 min pause mellom hvert forsøk. Etter to underkjente drag, ble det siste godkjente draget registrert som 1RM.

Peak Force ved 80 % belastning av 1RM ( $PF_{80}$ ) i pretest og Time to Peak Force ved samme belastning ( $TPF_{80}$ ), ble gjennomført med tre forsøk. Utøverne ble instruert om å yte maksimal innsats i hvert forsøk. Det var 3 min pause mellom forsøkene. Forsøket med høyest PF er beregnet som beste resultat.

Antall repetisjoner ved 80 % belastning ( $Rep_{80}$ ) av 1RM i pretest ble gjennomført med ett forsøk. Godkjente drag (nedtrekk) ble analysert gjennom videoopptak i etterkant. For å standardisere frekvensen på testen under  $Rep_{60}$ , startet hvert drag på signal fra en elektronisk metronom (Korg MA-30). Frekvensen ble satt til 30 drag (løft) i minuttet. Metronomen var koblet til et bærbart stereoanlegg (JVC RV-D550). Testen ble utført til rytmen ikke lenger kunne holdes, eller at løftene ikke var godkjent. Godkjente drag (nedtrekk) ble analysert gjennom videoopptak i etterkant.

I posttest ble det i tillegg gjennomførte tester av PF, TPF og antall rep. med en belastning tilsvarende 80 % av 1RM i posttest. Denne testen fulgte samme prosedyre som  $PF/TPF_{80}$ .

### *Testing av VO<sub>2</sub>maks på tredemølle*

Testing av VO<sub>2</sub>maks ble gjennomført samme dag som 50 meter og 1,5 km staketest. Testen ble gjennomført ved NUI (Norsk undervannintervensjon), tredemøllen (Rodby 3000) ble kalibrert før pre- og posttest. Målingene av oksygenopptak ble gjort med en Metamax II (Cortex Biophysic, Leipzig, Germany). Metamax II er tidligere blitt funnet til å gi pålitelige resultater for oksygenopptaket, men rapporterer ikke korrekte verdier for R-verdien (Medbø mfl., 2002). R-verdier er derfor ikke analysert nærmere i denne oppgaven. Testen ble definert som godkjent når det ble nådd et platå i VO<sub>2</sub> tross i økt løsshastighet (Bassett & Howley, 2000). Det maksimale oksygenopptaket ble funnet ved å ta medianverdien av de tre høyeste O<sub>2</sub>-verdiene etter hverandre.

### *Prestasjonstester og akkumulert oksygenopptak på rulleski*

Alle staketestene på rulleski ble gjennomført i en tunnel. Tunnelen er en av Bergen kommunes kloakktunneler (4,9 km). Kloakken ligger i rør og tunnelen framstår som en vanlig tunnel. Det er kun lys i deler av tunnelen. Staketesten over 50 meter ble gjennomført i en del av tunnelen som er opplyst. Det ble gjennomført tre forsøk, med tre minutters pause mellom forsøkene. Tidtaking ble gjennomført med laser stoppeklokke (Speedtrap II Timing System, Brower Timing Systems, Utah, US). En laser ble plassert en meter foran startstreken, og en laser ble plassert 50 meter etter første laser. Staketesten over 1,5 km ble gjennomført i en del av tunnelen hvor det ikke er lys. Her er det en svak stigning på en meter per tusen meter. Testen ble gjennomført ca. 10 minutter etter 50 meter testen. Forsøkspersonene gjennomførte denne testen med Metamax II påmontert i en spesiell bæresele, slik at oksygenopptaket kunne registreres under hele testen.

Tidtaking ble gjort ved at 4 stoppeklokker (Origo) ble synkronisert. Ved start ble to av klokkene stoppet. En person syklet til målområdet med to klokker som ble stoppet ved målpassering. Tid anvendt på staketesten ble da funnet ved å ta differansen mellom startklokkene og målklokkene. Metamax II og pulskokke (polar 610i) ble startet 30 sekunder før start, og slått av ved målpassering.

Forsøkspersonen gjennomførte testen med sykkelhjelme og hodelykt (Silva 478). Staketesten over 7,8 km ble gjennomført i en løype på 2,6 km. Det vil si at det måtte vendes to ganger inne i tunnelen. Testen startet i den retningen det er stigning (en meter per tusen meter). I begge endene av løypen er det kraftigere stigning, og vendepunktet ble satt 20 meter opp i

bakkene (Figur 6). Dette for å minske behovet for å bremse før vending. Tidtaking, måling av VO<sub>2</sub> og hjerterefrekvens ble gjennomført på samme måte som for staketesten over 1,5 km, rent bortsett fra at en person syklet med to stoppeklokker et stykke bak forsøkspersonen frem til første vending, som også var målområdet. Forsøkspersonen staket så alene 2,6 km tilbake. De siste 2,6 km kjørte personen som startet forsøkspersonen et stykke bak med bil.



**Figur 6.** Profil av 2,6 km løype i tunnel.

Alle staketestene ble gjennomført med samme par rulleski (Elpex skate). Staver, sko og bekledning var forsøkspersonenes eget utstyr. Samme utstyr ble benyttet i pre- og posttest. Det ble byttet til nye pigger på stavene før gjennomføring av pre- og posttest.

#### *Testing av rullemotstand*

Før pre- og posttest ble rulleskiene testet for rullemotstand. Samme par rulleski ble brukt i pre- og posttest. Testene ble gjennomført med bruk av laser stoppeklokke (Speedtrap II Timing System, Brower Timing Systems, Utah, US). Det var samme person som gjennomførte pre- og posttest. Testen ble gjennomført i tunnel. Forsøkspersonen startet i sittende posisjon (hockey) i en bakke. Skiene var plassert bak oppmerking, og en person sto bak og holdt i stavene. Utøveren startet når stavene ble sluppet. Lasere var plassert ved start, samt etter 15 og 30meter. Testen ble gjennomført åtte ganger før pre- og posttest.

### **Treningsprogram**

#### *Utholdenhetstrening*

Utholdenhetstrening i forsøksperioden skulle være lik den treningen som var gjennomført de to siste månedene før forsøket. All trening i forsøksperioden ble loggført. Styrketrening ble ført i egen dagbok, all utholdenhetstrening ble loggført med pulsklokke (Polar Sports Tester S610, Polar Electro OY, Kempele Finland) og lagt inn på pc i tilhørende programvare. Forsøkspersonene trente etter sitt eget program, og de har derfor ikke gjennomført utholdenhetstreningen likt.



### Styrketrening

Styrketrening skulle gjennomføres med maksimal innsats i hvert drag. De seks første ukene var programmet periodisert i to ukers perioder. De to første ukene skulle treningen gjennomføres med en belastning på 8RM x 4 med pauser på 3 minutter mellom settene, (8RM vil si den belastningen en klarer å løfte åtte ganger). Uke tre og fire skulle treningen gjennomføres med 6RM x 5 med 3 minutters pause mellom settene, og i uke fem og seks med 4RM x 6 med 3 minutters pause mellom settene. Det var planlagt tre økter i uken. Den syvende uken skulle gjennomføres med alternativ styrketrening. Øvelsene skulle være chin-up og dips, med en belastning på 6RM x 4, med 2-3 minutters pause. Det skulle også gjennomføres øvelser for magen, med belastningen 20RM x 3. De tre påfølgende øktene skulle gjennomføres i styrkeapparatet: økt 1 med en belastning på 8RM x 4, økt 2 med en belastning på 6RM x 5 og økt 3 med en belastning på 4RM x 6. Siste treningsuke før posttest skulle gjennomføres med en belastning på 3RM x 4 med 3 min. pauser mellom settene. Det skulle gjennomføres to økter siste uken, og ingen styrketrening tre dager før testing.

**Tabell 3.** Styrketreningsprogram.

uke 1-2	uke 3-4	uke 5-6	uke 7	uke 8	uke 9
8RM x 4	6RM x 5	4RM x 6	6RMx4: Disps Chin-up	8RM x 4 6RM x 4 4RM x 6	3RM x 4

## Resultat

### Gjennomført trening

Forsøkspersonene gjennomførte det oppsatte treningsprogrammet som planlagt de seks første ukene (Tabell 3). Den syvende uken var Fp I på reise og gjennomførte derfor alternativ øvelse hvor det ble trent nedtrekk med en arm av gangen, det ble gjennomført tre styrkeøkter med 4RM x 6 sett. Den åttende uken gjennomførte Fp I ingen styrketrening på grunn av sykdom. Fp II gjennomførte de oppsatte øvelsene som planlagt, bortsett fra at han gjennomførte to styrkeøkter i nedtrekksapparatet med 4RM x 6sett. Utholdenhetstrening gjennomført i forsøksperioden var rapportert å være noe mindre enn den utholdenhetstreningen som var gjennomført i perioden to måneder før forsøket.

### Vekt og maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ )

Fp I hadde en vektreduksjon på 1,6 kg fra pre- til posttest, mens Fp II økte vekten med 2,1 kg (Tabell 4). Maksimalt oksygenopptak for Fp I var tilnærmet likt målt i  $L \cdot \text{min}^{-1}$  i pre- og posttest, mens det var en økning på 2 ml målt i  $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Fp II hadde en liten reduksjon i  $VO_{2maks}$  på 0.1L målt i  $L \cdot \text{min}^{-1}$  fra pre- til posttest, mens det var en reduksjon på 1,9 ml målt i  $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  (Tabell 4). Endringene kan ha sammenheng med endring i vekt, men ligger strengt tatt innen målenøyaktigheten på måleinstrumentet.

**Tabell 4.** Alder, vekt, høyde og  $VO_{2maks}$  for to godt trente 60 år gamle menn før og etter ni uker med maksimal styrketrening

	Alder (år)	Vekt (kg)	Høyde (cm)	$VO_{2maks}$ ( $L \cdot \text{min}^{-1}$ )	( $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )
Pretest					
Fp I	60.6	77.6	181	4.5	58.1
Fp II	60.7	84.4	181	4.2	49.5
Post-test					
Fp I	60.8	76.0	181	4.5	60.1
Fp II	60.9	86.5	181	4.1	47.6

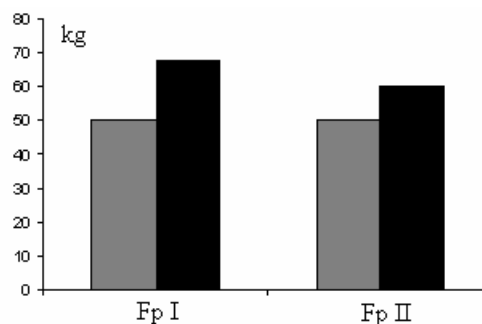
Fp=forsøksperson,  $VO_{2maks}$ =maksimalt oksygenopptak.

### Styrketester

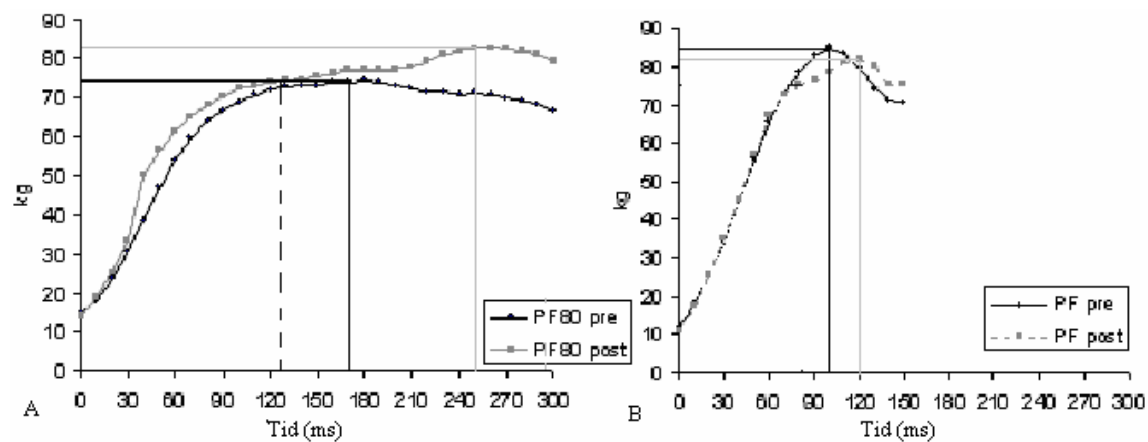
Forsøksperson I og II økte 1RM med henholdsvis 35 % og 20 % (Figur 7). Fp I økte peak force med en belastning satt til 80 % av 1RM i pretest ( $PF_{80}$ ) med 11,3 %, mens TPF økte med 47 % (Figur 8 og Tabell 5.). Fp II hadde en reduksjon i  $PF_{80}$  på 3,5 %, mens TPF økte med 16,6 % (Figur 8 og Tabell 5.). Fp I forbedret antall repetisjoner med en belastning på 80 % i pre test ( $rep_{80}$ ) fra 27 til 77, dvs. med 185 % og antall repetisjoner med en belastning på 60 % i pretest ( $rep_{60}$ ) fra 305 til 463, dvs. med 51,8 % (Tabell 5). Forsøksperson II forbedret  $rep_{80}$  fra 18 til 78 dvs. med 300 %. Tilsvarende for  $rep_{60}$  var endringen fra 97 til 490 dvs. med 405 % (Tabell 5). Gjennomsnittlig PF for alle dragene (nedtrekk) i test  $rep_{80}$  var for FP I 1 kg lavere i posttest enn i pretest (Figur 9 og Tabell 6). TPF var gjennomsnittlig 31 ms høyere i posttest (Figur 10 og Tabell 6). Fp I hadde en økning på 2,6 kg i gjennomsnittlig PF i test  $rep_{60}$  (Tabell 6). Fp II hadde en økning i gjennomsnittlig PF i test  $rep_{80}$  på 7,7 kg (Figur 9 og tabell 6) og en økning i TPF på 61 ms (Figur 10 og Tabell 6), mens det var en reduksjon på 3,4 kg i gjennomsnittlig PF i test  $rep_{60}$  fra pre- til posttest (Tabell 6).

Antall rep med en belastning på 80 % av 1RM i posttest var for Fp I 29 rep. Dette utgjør en økning på 7,4 % i forhold til relativ lik belastning i pretest. For Fp II var antallet rep 35, noe som utgjør en økning på 94,4 % i forhold til relativ lik belastning i pretest.

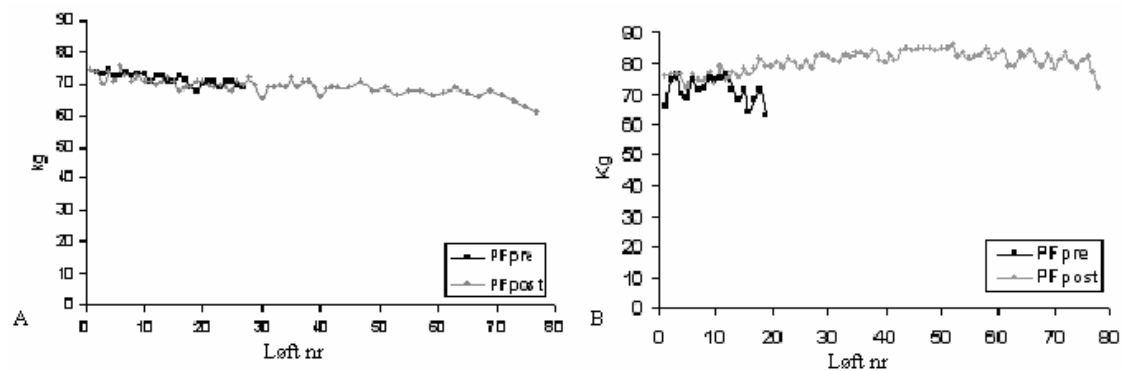
For Fp I var  $TPF_{80}$  målt til  $PF_{80}$  verdier oppnådd i pretest redusert med 23 % (Figur 8). Fp II oppnådde lavere PF i post-test (Figur 8).



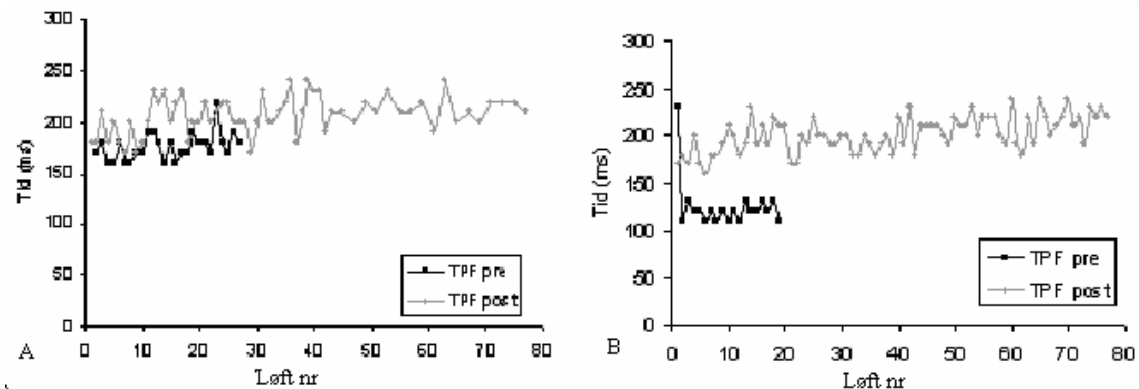
**Figur 7.** En repetisjon maksimum i stakeapparat for to godt trente 60 år gamle menn før og etter ni uker med maksimal styrketrening. Grå søyler er pretest og svarte søyler er posttest. Fp I og II er forsøksperson I og II.



**Figur 8.** Kraft- og tid kurver i stakebevegelse gjennomført i et modifisert nedtrekksapparat før og etter ni uker med maksimal styrketrening. A er forsøksperson I og B er forsøksperson II. Hel linje viser time to peak force i pretest. Og striplet linje viser tid til pretestverdier i posttest. Grå linje viser Time to peak force i posttest.



**Figur 9.** Antall repetisjoner og peak force i hver repetisjon, før og etter ni uker med maksimal styrketrening. Testen er gjennomført med maksimal antall repetisjoner med en belastning tilsvarende 80 % av 1RM i pretest. A viser forsøksperson I og B viser forsøksperson II.



**Figur 10.** Antall repetisjoner og time to peak force i hver repetisjon, før og etter ni uker med maksimal styrketrening. Testen er gjennomført med maksimal antall repetisjoner med en belastning tilsvarende 80 % av 1RM. A viser forsøksperson I, og B viser forsøksperson II.

**Tabell 5.** Resultater fra styrketester gjennomført som en stakebevegelse med belastninger tilsvarende 60 og 80 % av 1RM i pretest, for to godt utholdenhetstente 60 år gamle menn.

	PF (kg)	TPF (ms)	rep <sub>80</sub>	rep <sub>60</sub>
Pretest				
Fp I	74.3	170	27	305
Fp II	84.8	100	18	97
Post-test				
Fp I	82.7	250	77	463
Fp II	81.9	120	97	490

FP=Forsøksperson; PF=peak force; TPF=time to peak force; Rep80%=antall repetisjoner med en belastning på 80 % av 1RM i pre test; Rep 60 %=antall repetisjoner med en belastning på 60 % av 1RM i pre test

**Tabell 6.** Gjennomsnittsverdier i test av maksimalt antall repetisjoner i en stakbevegelse for to godt trente menn på 60 år. Belastningen tilsvarende 80 og 60 % av 1RM i pretest.

	PF <sub>80</sub> (kg)	TPF <sub>80</sub> (ms)	PF <sub>60</sub> (kg)
pretest			
FP I	71.2	175.7	50.2
Fp II	71.4	130.5	57.6
Post-test			
FP I	70.5	206.9	52.8
Fp II	76.4	191.0	55.8

Fp=Forsøksperson, PF<sub>80</sub>=peak; force med en belastning på 80 % av 1RM i pre test; TPF<sub>80</sub>=time to peak force med en belastning på 80 % av 1RM i pre test; PF<sub>60</sub>=peak force med en belastning på 60 % av 1RM i pretest.

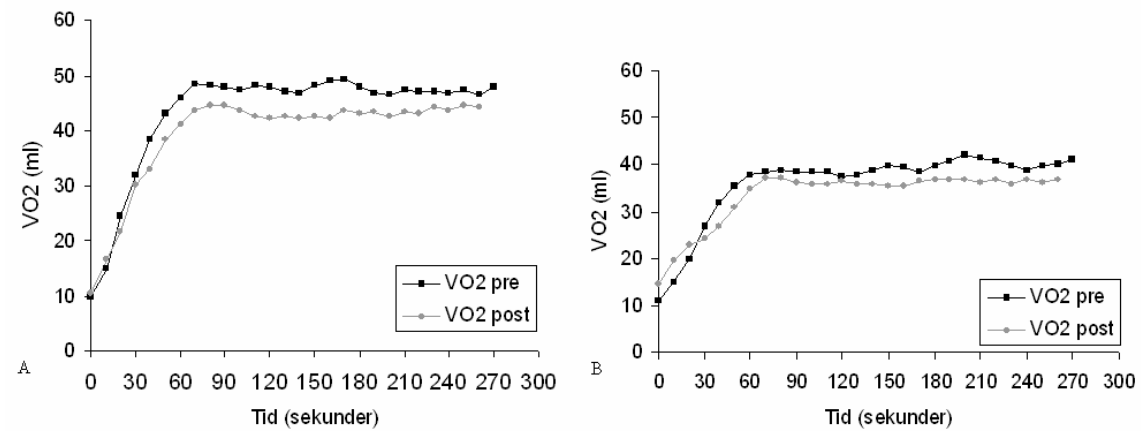
### Prestasjonstester og akkumulert Vo<sub>2</sub>

Fp I forbedret seg på 50 m staketest med 0,47sek. fra pre- til posttest, mens Fp II forbedret seg på samme test med 0,21 sek (Tabell 7). Forsøksperson I forbedret 1,5 km staketest fra pre- til posttest med 6,5 sek. Det akkumulerte oksygenopptaket (akkumVO<sub>2</sub>) under 1,5 km staketest var for Fp I lavere i posttest enn i pretest (Figur 11). Målingene viser en reduksjon på 1,7 målt i liter og 24,7 målt i ml mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (Tabell 7). Fp II forbedret 1,5 km staketest fra pre- til posttest med 8 sek. Også Fp II hadde et lavere akkumVO<sub>2</sub> under 1,5 km staketest i posttest (Figur 11), målingene viser en reduksjon på 1,2 L og 14,64 ml (Tabell 7). Fp I forbedret 7,8 km staketest med 40 sek. fra pre- til posttest, mens målingene viser høyere akkumVO<sub>2</sub> i posttest (Figur 12). Økningen fra pre- til posttest var på 2,9 L og 68,3 mL (Tabell 7). Fp II hadde en forbedring på 7,8 km staketest med 37 sek. fra pre- til posttest. Målingene viser at Fp II hadde et lavere akkumVO<sub>2</sub> under 7,8 km staketest i posttest (Figur 12). Reduksjonen var på 4,0 L og 63,0 mL (Tabell 7) fra pre- til posttest.

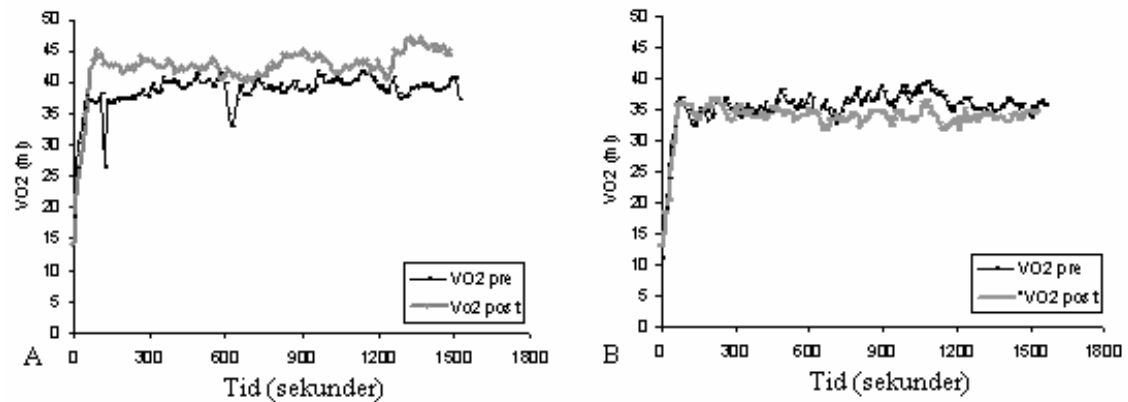
**Tabell 7.** Resultater fra staketester på rulleski gjennomført i en tunnel med to godt trente menn på 60 år.

	50m (sek)	1.5km (min)	7.8km (min)	Akku Vo <sub>2</sub> 1.5km (Liter)	(mL)	Akku Vo <sub>2</sub> 7.8km (L·min <sup>-1</sup> )	(mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )
Pretest							
Fp I	9.12	4.31,5	25.19	16.0	209.6	77.9	1001.8
Fp II	9.44	4.48	26.01	14.9	176.8	79.0	935.4
Post-test							
Fp I	8.65	4.25	24.39	14.3	184.9	80.8	1070.1
Fp II	9.23	4.4	25.24	13.7	162.2	75.0	87.5

50m=50 meter staketest på rulleski, 1,5km=1,5km staketest rulleski, 7,8km=7,8km staketest på rulleski, Akku Vo<sub>2</sub> 1,5km=Akkumulert oksygen opptak gjennom 1,5km staketest på rulleski, Akku Vo<sub>2</sub> 7,8km=akkumulert oksygenopptak gjennom 7,8km staketest på rulleski.



**Figur 11.** Akkumulert oksygenopptak under 1,5 km staking på rullerleski før og etter ni uker med maksimal styrketrening. A viser forsøksperson I og B viser forsøksperson II.



**Figur 12.** Akkumulert oksygenopptak under 7,8 km staking på rullerleski før og etter ni uker med maksimal styrketrening. A viser forsøksperson I og B viser forsøksperson II.

## Diskusjon

Forsøkspersonene rapporterte å ha trent noe mindre utholdenhetstrening i forsøksperioden enn i perioden to måneder før forsøket. Utholdenhetstreningen har utelukkende vært gjennomført med aktiviteter som ikke imiterer stakebevegelsen i langrenn. Det er derfor lite sannsynlig at fremgangen i prestasjonstestene (staking på rulleski) og de submaksimale styrketestene er som følge av den gjennomførte utholdenhetstreningen.

Fp I reduserte vekten med 1,6 kg. En uke med sykdom kan være årsaken til dette. Fp II økte vekten med 2,2 kg. Kroppssammensetning ble ikke målt i dette forsøket, men to kilo økning i vekt på ni uker som følge av hypertrofi er lite trolig (Fleck og Kraemer, 2004; Åstrand mfl., 2003). Største delen av denne vektøkningen kan skyldes noe mindre utholdenhetstrening, samt et mulig endret kaloriinntak i forbindelse med julefeiring. Det ble ikke foretatt registreringer av kosthold og matvaner i denne undersøkelsen.

Endring i  $VO_{2\text{maks}}$  målt i literverdi var ubetydelig, mens endring i  $VO_{2\text{maks}}$  målt som  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  kan tilegnes endring i vekt. Utholdenhet uttrykt som  $VO_{2\text{maks}}$  kan derfor defineres som lik i pre og posttest.

Testing av 1RM før og etter en treningsperiode er en forholdsvis enkel og sikker metode for å undersøke om en person er blitt sterkere. Mer komplisert er det å undersøke effekten av styrketrening på TPF. Måling av endringer i TPF i en stakebevegelse krever at flere betingelser er definert før testen gjennomføres, og før data analyseres. I vårt forsøk lå vektene ”dø” før draget (nedtrekket) startet. I forsøkene gjennomført av Hoff mfl., (1999, 2002) og Østerås mfl., (2002) ble vektene løftet opp slik at draget ble startet og avsluttet med vektene hengende i luften. På denne måten vil musklene være preaktivert, dvs. aktivert før draget starter. PF og TPF ble i de to dragene målt fra 10-90 % av 1RM. Det vil si at det er vanskelig å forstå helt hva de målte ettersom musklene både var preaktivert og at en ikke målte fra et nullpunkt til PF. I motsetning til dette ble dragets nullpunkt i vårt forsøk satt til den første ”ballistiske” kraftutvikling på 1kg hvert 5ms inntil og registretet til maksimale kraftutviklingen (PF).

Økning i 1RM for begge forsøkspersonene var som forventet sammenlignet med andre studier hvor en har gjennomført maksimal styrketrening over en periode på 6-9 uker (Frontera mfl.,

1988; Fleck og Kraemer, 2004). Med hensyn til peak force (PF), hadde Fp I en økning i PF<sub>80</sub>, mens forsøksperson II hadde en liten tilbakegang.

FP I og II hadde en økning (brukte lengre tid) i TPF<sub>80</sub> i post test. Dette er i samsvar med noen undersøkelser gjennomført med eldre personer (Hakkinen og Newton, 1998; Jozsi mfl., 1999). Når TPF<sub>80</sub> i posttest ble målt opp til (oppnådd) verdien i pretest hadde Fp I en framgang fra pretest til posttest på 23 %. Fp II oppnådde ikke pretestverdier i posttest, men kraft og tidskurven viser at verdiene var lik opp til 80 % av maksimalkraften i pretest. Fp I hadde en reduksjon i gjennomsnittlig PF og en økning i TPF i test rep<sub>80</sub>, mens det var en økning i gjennomsnittlig PF i rep<sub>60</sub>. Fp II hadde en økning i gjennomsnittlig PF og TPF<sub>80</sub>, mens det var en reduksjon i gjennomsnittlig PF i rep<sub>60</sub>.

Hoff mfl., (1999, 2002) og Østerås mfl., (2002) hevder at maksimal styrtetrening med fokus på nevralt tilpassning først og fremst øker "rate of force development", selv om styrken også øker noe. Det antas at det er denne nevralt tilpasningene som fører til forbedret utholdenhetsprestasjon gjennom forbedret arbeidsøkonomi i staking. Problemet med denne tolkningen er at det ikke foreligger noen data på verken det som viser nevralt endringer eller bevegelsesanalyser som sier noe om endringer i arbeidsform. De foreslåtte forklaringene får derfor preg av å være *ad hoc* forklaringer.

Det spekuleres også på om økning i styrke, gjennom en raskere og høyere kraftutvikling kan gi en sterkere impuls til muskel-vene-pumpa, samt lengre pause mellom kontraksjonene slik at blodgjennomstrømningen forbedres (Hoff mfl., 1999, 2002; Østerås mfl. 2002). Resultatene fra dette forsøket, med stor økning i antall repetisjoner både i rep<sub>60</sub> og rep<sub>80</sub>, gir imidlertid ikke støtte til slike spekulasjoner, da det ikke ser ut til å være noen sammenheng med TPF ved en belastning satt til 80 % av 1RM i pretest. En mulig forklaring på disse forskjellene kan være at TPF er målt på ulike måter. En annen forklaring kan være aldersforskjellen til forsøkspersonene i de ulike forsøkene. Spørsmålet er da om den fysiologiske adaptasjonen er ulik for ulike aldersgrupper. Om gjennomstrømnings-hypotesen har noen relevans for staketestene, hvor kraftutviklingen sannsynligvis er langt lavere enn 80 % av maksimal kraftutvikling (Bergh, 1982), kan ikke vurderes i vårt forsøk, da det ikke ble målt kraftutvikling gjennom staketesten på rulleski.



En annen forklaring på bedret arbeidsøkonomi er at gjennom økt maksimal styrke vil en anvende en mindre prosentandel av maksimalkraften ved en gitt arbeidsbelastning (Hickson mfl., 1988). Dette åpner for muligheten av et mer variert rekrutteringsmønster av muskelfibre, slik at hver enkelt fiber får mindre arbeidsbelastning og dermed både bedre tid og mindre behov for restituering mellom hver innsats. I vårt forsøk kan dette være en mulig forklaring, men uten måling av kraftutvikling og rekrutteringsmønster i staketestene, vil dette bare være en hypotese som imidlertid kan testes i videre forskning.

Antall repetisjoner med en belastning tilsvarende 80 % av 1RM posttest var høyere enn  $rep_{80}$  i pretest for begge forsøkspersonene. Dette viser at maksimal bevegeslik styrketrening og økning av 1RM også øker den submaksimale utholdene når øvelsen utføres med samme prosentvis belastning av 1RM i pre- og posttest. I liket med studiene gjennomført av Hoff mfl., (1999, 2002 og Østerås mfl., (2002) ble det heller ikke i vårt forsøk gjort målinger av fysiologiske parametere som inngår i begrepet nevromuskulær forbedring som igjen fører til forbedret arbeidsøkonomi og prestasjon i staking på rulleski/ski. Dette bør undersøkes i fremtidige studier, og da med flere forsøkspersoner enn i vår studie.

Bishop mfl., (1999) fant i motsetning til vår studie ingen sammenheng mellom en stor økning i 1RM i knebøy og utholdenhetsprestasjonen i sykling. Det kan skyldes at knebøy ikke er bevegeslik sykling på samme måtes som staking likner på nedtrekk i stakeapparatet. Dessuten foregår et sykkeltråkk også i svært store antall på en lav prosent av 1RM. Dermed kan de ulike resultatene og konklusjonene muligens forklares ut fra ulik grad av spesifisitet (likhet i øvelsene) og ulik antall repetisjoner og belastning i forhold til 1RM i styrkeøvelsen.

I undersøkelsene til Hoff mfl., (1999, 2002) og Østerås mfl., (2002) ble styrketreningen gjennomført sittende. Staking involverer også beina for å skape kraftutvikling (Holmberg mfl., 2005). Prestasjonstestene ble gjennomført som tid til utmattelse stående i et stakeergometer. Det kan derfor stilles spørsmål til a) om styrketreningen var bevegeslik nok, b) om prestasjonstestene er valide i forholdt til å undersøke effekten av styretrening på prestasjonsevnen i staking på ski eller rulleski og c) om tid til utmattelse sier noe om utholdenhetsprestasjonen.

Tid til utmattelse er blitt kritisert for å være en mindre pålitelig metode for å teste utholdenhetsprestasjonen enn når testen blir gjennomført i en løype med start og mål.

Psykologiske faktorer (som ”publikumseffekten”) kan ved en slik test være mer avgjørende enn når en prestasjonstest gjennomføres med en definert slutt. (Jeukendrup mfl., 1996). Dette er et klart argument for at tester som involverer tid til utmattelse bør foregå i et tillempet dobbelt blindforsøk. I de nevnte testene ble ikke slike prosedyrer anvendt.

Det kan også være at prestasjonsforbedringene, i alle fall delvis, skyldtes læringseffekt gjennom tester i stakeergometeret. I vårt forsøk ble styrketreningen gjennomført i et apparat hvor stakebevegelsen kan gjennomføres stående og bevegelseslikt med forsøkspersonenes staketeknikk for å styrke den økologiske validiteten til studien. Alle prestasjonstester ble gjennomført på rulleski i en standardisert løype. Ettersom begge forsøkspersonene hadde svært lang erfaring med bruk av rulleski, gjør det at læring trolig ikke er en avgjørende faktor for forbedringer i resultatene.

Flere studier viser at gjennom kombinert styrke- og utholdenhetstrening har utholdenhetstreningen negativ effekt på styrkeutviklingen (Dudley og Djamil, 1985; Hickson, 1980; Hunter mfl., 1987). Kraemer (1995) viser imidlertid at dette ikke er tilfelle om treningen gjennomføres med ulike muskelgrupper. I denne studie ble det ikke trent utholdenhet gjennom stakelike bevegelser. Derfor er det ikke rimelig å anta at utholdenhetstreningen interferer med styrkeutviklingen. Samtidig er effekten av forbedret utholdenhet som følge av utholdenhetstrening i stakemuskulatur som en mulig forklaringsvariabel eliminert.

De viktigste faktorer for å prestere i utholdenhetsidretter er høyt  $VO_{2maks}$ , høy melkesyreterskel og god arbeidsøkonomien (Pate and Kriska, 1984; Åstrand mfl., 2003; Bassett og Howley, 2000). Effekten av styrketrening på utholdenhetsprestasjonen kan tilskrives forbedret arbeidsøkonomi (Paavolainen mfl., 1999; Hoff mf., 1999, 2002). Hickson (1980) viste at maksimal styrketrening med utrente menn kan ha en positiv effekt på  $VO_{2maks}$ . I denne studie er det ikke gjennomført tester av  $VO_{2maks}$  i staking på rulleski. Det akkumulerte oksygenopptaket gjennom 1,5 km staking viser et lavere oksygenopptak hos begge forsøkspersonene, noe som viser at økt  $VO_{2maks}$  ikke er en forklaring på den forbedrede prestasjonen. Samtidig kan dette tyde på en forbedret arbeidsøkonomi. Gjennom 7,8 km staking var det akkumulerte oksygenopptaket lavere i posttest for FP II. Målt i liter verdi var det en liten økning for FP I.

## Konklusjon

Vårt forsøk viser en økning på henholdsvis 35 og 20 % i 1RM. Det var en forbedring på 50 m, 1,5 km og 7,8 km staking på rulleski. Den submaksimale utholdende styrken økte med henholdsvis 50 og 60 repetisjoner med en belastning tilsvarende 80 % av 1RM i pretest, og med henholdsvis 158 og 393 repetisjoner med en belastning tilsvarende 60 % av 1RM i pretest. Antall repetisjoner med en belastning tilsvarende 80 % av 1RM i posttest var høyere enn antall repetisjoner med relativ lik belastning i pretest. Dette viser at maksimal bevegeslik styrketrening forbedrer a) utholdenhetsprestasjonen på korte og lange distanser i staking på rulleski hos godt utholdenhetstrete eldre menn, og b) den submaksimale utholdende muskelstyrken i treningsøvelsen hos godt utholdenhetstrete menn på ca 60 år.

## Praktiske implikasjoner

Vår undersøkelse antyder at godt utholdenhetstrete eldre menn som ønsker å forbedre sine prestasjoner i langrennssporet, med fordel kan trene bevegeslik maksimal styrketrening for å bedre styrken og stakekapasiteten.

## Etterord

Jeg vil rette en stor takk til mine veiledere Rolf P Ingvaldsen og Boye Welde for støtte og veiledning gjennom denne masteroppgaven. En stor takk til Petter Seip for hjelp til utvikling av programvare og hjelp under styrketestene, til Vegar Rangul for hjelp og veiledning i forbindelse med testing av oksygenopptak, og til Kennet Rivenes for hjelp til filming og videoredigering. Jeg vil også takke forsøkspersonene for deres deltagelse og engasjement i dette forsøket.

## Litteratur

Bassett, D.R., Howley, E.T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 32:70-84, 2000.

Bastiaans, J.J., A.B.J.P. van Diemen, T. Veneberg, og A.E Jeukendrup. The effects of replacing a portion of endurance training by explosive strength training on performance in trained cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol*. 86:79-84, 2001.

Behm, D. G., Neuromuscular implications and applications of resistance training. *J Strength Cond Res*. 9(4):264-274, 1995

- Bergh, U. Physiology of cross-country ski racing. *Human Kinetics*. Champaign, III., 1982
- Bishop, D., D. G. Jenkins, L.T. MacKinnon, M. McEniery, og M.F. Carey. The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 31: 886-891, 1999.
- Brown, A.B., McCartney, N., Sale, D.G. Positive adaptation to weight-lifting training in the elderly. *Journal of Applied Physiology* 69: 1725-1733, 1990
- Chromiak, J.A. & Mulvaney, D.R. The effects of combined endurance and strength training affected by the sequence of training. *Journal of Sports Science*. 11: 485-491, 1990.
- Dudley, G.A og Djamil, R. Incompatibility of endurance and strength modes of exercise. *J. Of Appl. Physiology*. 59: 1446-145, 1985.
- Fleck, S. J., Kraemer, W. J. Designing Resistance Training Programs. *Human Kinetics*, Champaign, III. 2004
- Fluck, M. Functional, structural and molecular plasticity of mammalian skeletal muscle in response to exercise stimuli. *The J. E. Biology*. 2009:2239-2248, 2006.
- Frontera, W.R., Meredith, C.N., O'Reilly, K.P., Knuttgen, H.G., Evans, W.J. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *Journal of Applied Physiology*. 64:1038-1044, 1988
- Häkkinen, K., Pakarinen, A., Newton, R.U., Kraemer, W.J. Acute hormone responses to heavy resistance lower and upper extremity exercise in young versus old men. *European Journal of Applied Physiology*. 77: 312-319, 1998.
- Häkkinen, K., Newton, R.U., Gordon, S.E., McCormick, M., Volek, J.S., Nindl, B.C., Gotshalk, L.A., Campbell, W.W., Evans, W.J., Hakkinen, A., Humphries, B., Kraemer, W.J. Changes in muscle morphology, electromyographic activity, and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Journal of Gerontology: Biological Medical Sciences*. 53: 415-423, 1998.
- Häkkinen, K., Pakarinen, A., Kraemer, W. J., Newton, R.U., Alen, M. Basal concentrations and acute responses of serum hormones and strength development during heavy resistance training in middle-age men and elderly men and women. *Journal of Gerontology: Biological Medical Sciences*. 55: 95-105, 2000
- Hickson, R.C. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 45, 255-263, 1980.
- Hickson, R.C., Rosenkoetter, M.A. & Btown, M.M.. Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 12, 336-339, 1980.

- Hickson, R.C., Dvorak, B.A., Gorostiaga, E.M., Kurowski, T.T. & Foster, C. Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *Journal of Applied Physiology*. 65, 2285-2290, 1988.
- Hoff, J., Helgerud, J., Wisloff, U. Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 31:870-877, 1999.
- Hoff, J., A. Gran, og J. Helgerud. Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Sca. J. Med. Sci. Sports*. 12:288-295, 2002
- Holmberg, H-C., Lindinger, S., Støggli, T., Eitzlmair, E., Muller, E. Biomechanical Analysis of Double Poling in Elite Cross-Country Skiers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 30(5):807-818, 2005.
- Hunter, G., Demed, R., Miller, D. Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training of strength and endurance. *J sports Med*. 27: 269-275, 1987
- Jeukendrup, A.S., Saris, W.I.M., Brouns, F., Kester, A.D.M. A new validated endurance test. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 28:266-270, 1996
- Jozsi, A.C., Campbell, W.W., Joseph, L., Davey, S.L., Evans, W.J. Changes in with resistance training in older and younger men and women. *Journal of Gerontology: Biological Sciences*. 54: M591-M596. 1999
- Kraemer, W.J., Patton, J.F., Gordon, S.E., Harman, E.A., Deschense M.R., Reynolds, K., Newton, R.U., Triplett, N.T., Dziados J.E. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J Appl Physiol*. 78(3): 976-989, 1995
- Medbø JI, Mamen A, Welde B, Heimburg Ev, Stokke R. Examination of the metamax I and II oxygen analysers during exercise studies in the laboratory. *Scand J Clin Lab Invest*. 62: 585-598, 2002
- Mikkola, S. Jussi, Rusko K. Heikki, Nummela T. Ari, Paavolainen M. Leena, Häkkinen Keijo. Concurrent endurance and explosive type strength increases activation and fast force production of leg extensor muscles in endurance athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(2): 613-620, 2007
- Moritani, T., DeVries, H.A. Potential for gross hypertrophy in older men. *Journal of Gerontology*. 35: 672-682, 1980
- Nader, G.A. Concurrent strength and endurance training: From Molecules to man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 38.11:1965-1970, 2006.
- Paavolainen, L., K. Häkkinen, s. Hamalainen, A. Nummela, og H. Rusko. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J. Appl. Physiol*. 86:1527-1533, 1999

- Pate R.R, Kriska A. Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance. *Sports Med.* 1: 87-98, 1984
- Sale, D.G., MacDougall, J.D., Jacobs, I., og Garner, S.. Interaction between concurrent strength and endurance training. *J. Appl. Physiol.* 68: 260-270, 1990.
- Shepard, R.J. Test of maximal oxygen intake. A critical review. *Sports Med.* 1: 99-124, 1984.
- Terzis, G., B. Stattin, og H.-C. Holmberg. Upper body training and the triceps brachii muscle of elite cross country skiers. *Sca. J. Med. Sci. Sports*, 2005.
- McDonagh M.J, Davies C.T., Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *Eur J Appl Physiol* 52, 139-155, 1984
- Roth, S.M, Ferell, R.F., Hurley B.F. Strength training for the prevention and treatment of sarcopenia. *J. Nutr Health Aging.* 4(3): 143-155, 2000
- Verney, J., Kadi, F., Saafi, M.A., Piehl-Aulin, K., Denis, C. Combined lower body endurance and upper body resistance training improves performance and health parameters in healthy active elderly. *European Journal of Applied Physiology* 97: 288-297, 2006
- Welde B. *The significance of endurance training, resistance training and motivational styles in athletic performance among elite junior cross-country skiers.* Doctoral Thesis. Trondheim, Faculty of Medicine, 2006.:82
- Østerås, H., Helgerud, J., Hoff, J. Maximal strength training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *Eur J Appl Physiol.* 88:255-263
- Åstrand P.O., K. Rodal, H.A. Dahl, S.B. Strømme. *Textbook of Work Physiology*, MacGraw-Hill, New York, 2003