

Mastergradsoppgave

Tom Erik Solstad

Virkingen av ulike styrketreningsmetoder på maksimal styrke, effekt og vertikal spenst hos volleyballspillere i sesong.



Høgskolen i Telemark

Avdeling for allmennvitenskapelige fag

Tom Erik Solstad

Virkingen av ulike styrketreningsmetoder på maksimal styrke, effekt og vertikal spenst hos volleyballspillere i sesong.



Høgskolen i Telemark
Fakultet for Allmennvitenskapelige fag - AF
Institutt for idretts- og friluftslivsfag
Hallvard Eikas plass
3800 Bø

<http://www.hit.no>

© 2012 Tom Erik Solstad

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

Trykket ved Høgskolens kopisenter i Bø

Omslagsfoto/-illustrasjon: Utførelse av knebøy og angrepsslag under volleyballoppvarming,
Tom Erik Solstad og Peter Bjerg Jørgensen.

Sammendrag

Hensikt: Denne masteroppgaven består av to deler, hovedstudien og delstudien.

Hovedstudien hadde som oppgave å undersøke om eksplosiv styrketrening (EST) kombinert med maksimal styrketrening (MST) hadde en større forbedring på vertikal spenst, maksimal styrke og effekt, enn MST trent alene. Delstudien hadde til hensikt å kartlegge hva som ville være et optimalt repetisjonsantall per sett under MST og EST, for i størst mulig grad å sikre mulighet for maksimal mobilisering under utførelsen av treningene. **Metode:** Hovedstudien: 27 volleyballspillere fordelt på to grupper, MST (n = 10; 21 år, 178.2 cm, 73.9 kg) og MST+EST (n = 17; 21.9 år, 175.8 cm, 73.5 kg), deltok i studien. Utøverne ble testet i 1RM knebøy, effekt, squat jump (SJ), counter movement jump (CMJ) og countermovement jump with armswing (CMJas). MST-gruppen gjennomførte 4RM x 3 sett. MST+EST gjennomførte 4 x 3 sett med 50 % av 1RM i tillegg til den treningen MST-gruppen gjennomførte. Utøverne trente i 6 uker, 3 dager i uken, og øvelsen som ble benyttet var knebøy (90°). Delstudien: 13 idrettsutøvere (22.2 år, 173.8 cm, 66.7 kg) deltok i studien. Utøverne gjennomførte en nevro-muskulær trøtthetstest innen CMJ (cm) og knebøy (W) der de kontinuerlig hoppet eller løftet maksimalt i 10 repetisjoner. **Resultater:** Hovedstudien: Begge grupper (MST, MST+EST) viste en signifikant fremgang i både 1RM (24.4 %, 31.3 %), effekt (18.8 %, 20 %), SJ (7.3 %, 11.2 %) og CMJ (5 %, 6.6 %). Derimot viste MST+EST-gruppen en signifikant større forbedring i CMJas enn MST-gruppen (9 %, 1.9 %). En signifikant økning i kraft-hastighetskurven ble funnet hos 12 tilfeldig utvalgte utøvere fra begge grupper. Begge grupper viste ingen endring i kroppsvekt. Delstudiet: Nedgang i maksimal mobilisering ble funnet i femte og sjette repetisjon i hopp og knebøy. **Konklusjon:** Hovedstudien: Begge grupper viste lik fremgang innen SJ, CMJ, 1RM og effekt. MST+EST-gruppen viste derimot en større fremgang innen CMJas enn MST. Delstudien: Maksimal mobilisering kan opprettholdes i cirka fem repetisjoner og dermed var valget innen repetisjonsantall riktig.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	5
Forkortelser.....	6
Innledning	7
Krav til spenst i volleyball	7
Spenst	8
Begrensende faktorer for maksimal styrke og spenst	12
Nevrale begrensninger	12
Muskulære begrensninger.....	15
Trening av spenst	19
Plyometrisk trening som spensttrening.....	19
Styrketrening som spensttrening.....	20
Kombinasjonen av treningsmetoder	23
Problemstilling	25
Metode	26
Hovedstudien	26
Forsøkspersoner	26
Delstudien	27
Forsøkspersoner	27
Testprotokoll - delstudien	28
Testprotokoll - hovedstudien	28
Utstyr	29
Trening - hovedstudien	30
Statistisk analyse	31
Resultater	32
Diskusjon	37
Maksimal styrke og effekt	37
Vertikal spenst	38
Spesifisitetsprinsippet - bevegelseshastighet	39
Nevromuskulær trøtthet (delstudien)	40

Styrke og svakheter	41
Praktiske implikasjoner	42
Konklusjon	43
Litteraturliste.....	44
Vedlegg 1, Samtykke- og infoskriv.....	58
Vedlegg 2, Egenerklæringskjema om helse	60

Forord

Jeg har alltid hatt interesse for styrketrening og dens gunstige effekter på ulike fysiske egenskaper. Masteroppgavens tema stammer fra bacheloroppgaven som jeg skrev sammen med Eirik Hæg og Robin Aase, som jeg også vil takke for en god teoretisk og praktisk prosess. Bacheloroppgaven omhandlet temaene bevegelsesmønster og spesifisitetsprinsippet innenfor styrketrening, der vi valgte å se hvilken av øvelsene knebøy og markløft som ga best resultat på vertikal spenst. I ettertid av denne oppgaven oppdaget jeg nemlig at utøveren med størst fremgang ved trening av knebøy, var en volleyballspiller. Derfor valgte jeg å utforske spesifisitetsprinsippet ytterligere ved å introdusere meg selv for begrepet bevegelseshastighet. Dette begrepet vil bli drøftet i denne oppgaven og forhåpentligvis vil resultatet av datainnsamlingen føre til at man har tatt et skritt nærmere et fornuftig svar.

Arbeidet med å fullføre en mastergrad har tatt to lange år. Grunnlaget for interessen og for den etablerte kunnskapen om idrett, spesielt fysiologien, har imidlertid tatt adskillig flere år. For dette har jeg først og fremst mine foreldre å takke, både av naturlig grunner og ikke minst økonomiske. Videre vil jeg takke Eirik Hæg, Simon H.O. Solhoff, Magnus N. Thorsdal og Andreas S. Fragåt for periodevis hjelp til de praktiske oppgavene ved en treningsintervensjon og gode, konstruktive diskusjoner rundt temaet. Masteroppgaven kunne selvsagt ikke blitt en realitet uten idrettsutøvere som lar seg manipulere på en eller annen måte treningsmessig. I den anledning vil jeg takke de som deltok på prosjektet, med andre ord volleyballspillerne innen ulike divisjoner fra Bø Volleyballklubb, sporty idrettsstudenter og andre volleyballspillende entusiaster.

Jeg vil også bruke anledningen vil jeg takke min lærer Øyvind Støren som har vært min veileder under hele prosessen og hjulpet til med oppbyggingen av masteroppgaven. Med sine eminente kunnskaper har Øyvind satt sitt preg på oppgaven, veiledet meg i riktig retning og ellers vært en god støttespiller. Sist vil jeg takke de av dere som har hjulpet meg korrekturlesing, kommet med konstruktiv kritikk og generelle tips som har gjort masteroppgaven min bedre. Takk til dere alle!

Bø, 18. juli 2012

Tom Erik Solstad

Forkortelser

MST: Maksimal styrketrening

EST: Eksplosiv styrketrening

PLT: Plyometrisk trening

HT: Hypertrofitrening

SJ: Hopp uten svikt fra 90° i kneledd med hoftefeste

CMJ: Svikthopp med hoftefeste

CMJas: Svikthopp med armsving

SSC: Stretch-shortening cycle

ATP: Adenosintrifosfat

CrP: Kreatinfosfat

H⁺: Hydrogen-ion

RFD: Rate of force development

1RM: En repetisjon maksimum

N: Newton

W: Watt

EMG: Elektromyografi

Innledning - krav til spenst i volleyball

Volleyball er en idrett ofte karakterisert som en blanding av korte arbeidsperioder der intensiteten er meget høy og relativt lange perioder der intensiteten er lav (Viitasalo et al. 1987). I gjennomsnitt varer et spill ca. 5-7 sekunder, med en gjennomsnittlig pauseperiode på 12-14 sekunder (Kraemer & Häkkinen, 2002).

Under disse høyintensive spillperiodene er hurtige og kraftfulle bevegelser sentrale. Mellom 250 og 300 eksplosive bevegelser er blitt rapportert hos mannlige volleyballutøvere i løpet av en kamp, der hele 50 % av bevegelsene var hopp av ulike typer (Kraemer & Häkkinen, 2002). Blant kvinnelige volleyballutøvere blir det hoppet gjennomsnittlig 12 hopp per sett, men der høyeste notering av antall hopp er ca. 35. Denne forskjellen har med de ulike posisjonene på banen å gjøre (Kraemer & Häkkinen, 2002). Posisjonen med flest hopp i løpet av en kamp er leggere (136 hopp), tett fulgt av avsluttere med ulike posisjoner (65-97 hopp) (Fontani et al. 2005 i Borràs et al 2011).

Grunner til at hopping er sentralt er først og fremst høyden på nettet, (2.43m for menn og 2.24m for kvinner) rekkevidde til motspiller og varianter av angrepsslag, hoppserv og legg (Gabbett & Georgieff, 2007; Borràs et al. 2011). Gjennomsnittlig rekkevidde hos elite volleyballutøvere er 236cm (kvinner) og 264 cm (menn), mens gjennomsnittlig absolutt rekkevidde (rekkevidde + hopp) er 293 cm (kvinner) og 325 cm (menn) (Ferris et al. 1995; Newton et al. 2006; Gabbett & Georgieff, 2007; Sheppard et al. 2008; Trajkovic et al. 2011). Det vil si at kravet til vertikal spenst gjennomsnittlig er 57 cm for kvinner og 61 cm for menn i hopp med armsving.

En studie (Forthomme et al. 2005) fant en signifikant korrelasjon mellom hopp høyde og hastigheten på et angrepsslag (spike). Ferris et al. (1995) fant imidlertid ingen signifikant korrelasjon mellom de to variablene. Derimot ble det funnet ut at 80 % av alle poengene kommer fra enten angrepsslag eller blokk (Voigt, 2000 i Voight & Vetter, 2003). Det siste understøtter viktigheten av god spenst med tanke på resultat i volleyball. Nivåforskjeller i spenst og i resultater er også med på å understreke viktigheten av spenst, der landslagsspillere i volleyball har en høyere vertikal spenst enn for eksempel volleyballspillere på et skolelag, for begge kjønn (Fleck et al. 1985; Gabbett & Georgieff, 2007). Det bør således være relativt trygt å fastslå at vertikal spenst er en viktig fysiologisk faktor i volleyball, som kan være med på å vinne poeng, kamper og å skape et bedre lag.

Spenst

Spenst kan defineres som evnen til å akselerere egen kroppsvekt i en bestemt retning (Rønnestad & Raastad i Raastad et al. 2010).

I følge Newtons 1. lov vil et legeme, som ikke er påvirket av en eller annen kraft, bevege seg rettlinjet med en konstant hastighet. Her på jorden har vi en konstant motvirkende kraft, nemlig tyngdekraften. Jordens tyngdekraft måles i G-krefter og refererer til akselerasjonen et legeme har hvis selve legemet faller ned mot jordkloden vår. Denne tyngdeakselerasjonen er omtrent 9.81 m/s^2 . Det vil si, hvis man ignorerer luftmotstand, at et frittfallende legeme vil akselerere med en fart på 9.81m per sekund hvert sekund mot jordens sentrum. Derfor vil vi alltid falle ned mot jorden når vi hopper, og ikke fortsette ut i verdensrommet. Siden vi hele tiden blir trukket ned av tyngdekraften må denne kraften overvinnes. Newtons 3. lov om $F^1 = F$ (kraft = motkraft), sier at når kraften fra et legeme virker på et annet legeme, vil kraften fra det andre legemet være like stor og motsatt rettet. I vårt tilfelle vil disse to legemene være vår egen kroppsmasse og underlaget vi står på. Et eksempel kan være at hvis en person på 100kg vil stå oppreist, må personen utvikle 981 N mot underlaget (McGinnis, 2005).

For i det hele tatt å lette fra bakken må man dermed overskride den kraften man trenger for å kunne stå oppreist. Ut i fra Newtons 2. lov, Kraft = masse · akselerasjon, hjelper det svært lite å bare produsere stor kraft dersom kraften er produktet av enorm masse og lav akselerasjon. Derfor må kraften i aktuell arbeidende muskulatur utvikles hurtigst mulig; man må med andre ord ha en hurtigst mulig *rate of force development*, RFD (Aagaard et al. 2002; McGinnis, 2005). RFD (kraft/tid) har stor betydning i hurtige og kraftfulle bevegelser som sprint, hopp og kast. I disse bevegelsene er kontraksjonstiden ofte 50-250 ms (et høydehopp, 150-230ms). I løpet av denne tiden oppnås i imidlertid ikke maksimal kraft da dette tar lengre tid: $\geq 300 \text{ ms}$ for m.quadriceps (Thorstensson et al. 1976; Dapena i Zatsiorsky, 2000; Aagaard et al 2002). Dermed blir viktigheten av hurtig kraftutvikling i den tidlige fasen (50-200ms) enda mer tydelig (Aagaard et al. 2002).

Det RFD ikke tar høyde for er arbeidsvei, noe som er veldig sentralt i en hoppbevegelse. Dermed er effekt, eller power på engelsk, kanskje en bedre predikator på den vertikale spensten. Effekt måles i watt (W) og kan defineres som arbeid per tidsenhet. En høyest mulig effektmåling vil være avhengig av størst mulig kraftutvikling, foretatt hurtigst mulig, over en lengst mulig arbeidsvei (Rønnestad & Raastad i Raastad et al. 2010).

En stor kraftutvikling er bl.a. avhengig av en høy maksimal styrke (1RM) (Peterson et al.

2006). Bevegelseshastigheten er, i tillegg til evne til stor og hurtig kraftutvikling, avhengig av ytre motstand (kroppsvekt), senenes festepunkt på knoklene og hvor lang arbeidsveien er (Raastad & Paulsen i Raastad et al. 2010a). Lengden på arbeidsvei kommer bl.a. an på leddvinkel og knoklenes lengde (McGinnis, 2005; Hahn et al. 2011). En høy maksimal styrke (høy 1RM) og en høy RFD (evnen til å utvikle denne kraften hurtig) i kombinasjon med lav kroppsvekt og en gunstigst mulig arbeidsvei, vil føre til høy effekt (W) og dermed høy akselerasjon. Dette vil være avgjørende for å oppnå høyest mulig vertikal spenst (Kraemer & Newton, 2000)

Stretch-shortening cycle

Kraftutvikling i vertikal spenst forbindes ofte med en konsentrisk kontraksjon, men den eksentriske fasen er også en bidragsyter innenfor vertikal spenst. Stretch-shortening cycle (SSC) er en bevegelse som starter med en eksentriske fase, for så deretter å veksle over til konsentrisk fase (Nicol et al. 2006). I denne eksentriske fasen strekkes muskelseneenheter og det lagres potensiell energi i senen som kan overføres til mekanisk arbeid under en konsentrisk fase. Dette vil således øke kraftutviklingen i et plyometrisk arbeid, dersom arbeidet gjøres hurtig (Cavagna et al. 1968; Komi, 2003; Nicol et al. 2006). Denne energien er avhengig av at både de kontraktile (muskel) og elastiske (sene) komponentene samarbeider optimalt (Kurokawa et al. 2003). Senens oppgave er å transformere energien som dannes i muskelen til en bevegelse i et ledd. En større fjærstivhet i senen vil føre til at energien transformeres raskere og dermed vil det skje en raskere økning i kraft (Komi, 1986; Kubo et al. 2002) En annen mekanisme som bidrar til en bedre SSC er strekkrefleksen (Komi, 2003). Denne mekanismen aktiveres når muskelen strekkes, der motoriske forhornsceller i ryggmargen sender impulser til muskel om å trekke seg sammen for å unngå for stor strekk (noe som ellers ville kunne føre til skade på muskelen). Det vil si at hovedoppgaven til denne mekanismen er å unngå en strekkskade, men nevnte mekanisme er også med på å øke kraftutviklingen i den tidlige konsentriske fasen (Komi, 2003). Man kan tydelig se SSCs innvirkning på kraftutviklingen i sammenligningen av hopphøyde mellom squatjump (SJ) og counter movement jump (CMJ) (Bosco & Komi, 1979). Det er vist at man hopper 2-4 cm høyere med en sviktbevegelse, enn uten (Bobbert & Casius, 2005).

Teknikk

I et vertikalt hopp har studier (Hubley & Wells, 1983; Fukashiro & Komi, 1987; Vanezis & Lees, 2005) vist at selve rekrutteringsmønsteret til arbeidende muskler kan variere fra utøver til utøver. Hubley & Wells (1983) sin studie viste at det var knestrekkerne, altså m. quadriceps (49 %), som var den største bidragsyteren under et hopp. To motstridende studier (Fukashiro & Komi, 1987; Vanezis & Lees, 2005) viste derimot at det var hoftestrekkerne, som bl.a. m. gluteus maximus (41 og 51 %), som var de største bidragsyterne under et hopp. Sistnevnte studie (Vanezis & Lees, 2005) viste ingen forskjell i bidragene mellom muskelgruppene når det gjaldt hopp høyden mellom de dårligste og de beste hopperne i CMJ og CMJas (counter movement jump with armswing). Et teknisk moment, som det å gå dypere i et hopp, kan se ut til å være gunstig for hopp høyden vår (Hunter & Marshall, 2002). Hunter & Marshall (2002) viste en sammenheng mellom økning i arbeidsvei og økning i CMJ. Dette er gunstig med tanke på effektformelen, $Watt = kraft \cdot hastighet$. Men dersom bevegelsesmønsteret (her: direkte påvirkning på arbeidsvei) skal endres, må kraftutviklingen utvikles proporsjonalt for at i det hele tatt skal ha en positiv endring på vår hopp høyde (Hunter & Marshall, 2002). Ut i fra de nevnte studiene kan det se ut til at teknikk ikke direkte spiller en stor rolle for den vertikale spensten, med et mulig unntak for kombinasjonen av økt evne til kraftutvikling og økt arbeidsvei (dypere sats). Kapasiteten til å utvikle kraft hurtig er heller den faktoren som er avgjørende for hopp høyden og en økning i kraft kan dermed indirekte endre teknikken vår (Hunter & Marshall, 2002; Vanezis & Lees, 2005).

Bevegelsesmønster og -hastighet

En økt kraftutvikling alene er ikke alltid synonymt med økt vertikal spenst. En studie gjort av Bobbert & Van Soest (1994), der de økte muskelpakten i seks ulike muskelgrupper med 20 % i et simulert hopp, fant de en nedgang i hopp høyde med 9 cm. Etter en re-optimalisering (timing, aktiveringsrekkefølge og leddvinkel ved fleksjon og ekstensjon) med samme økning i kraft, økte derimot hopp høyde med 3 cm. Formålet med denne studien var å vise at kraften må spesifiseres til en bestemt bevegelse, noe de kaller intermuskulær koordinasjon. Dette understøttes av studien til Morin et al. (2011), og av Blazevich & Jenkins (1997), som fant at sprintere som trente maksimal styrketrening (MST) sammen med sprint, var raskere i hurtige bevegelser enn de som bare trente MST. Derimot mener Lamas et al. (2012) at en slik intermuskulær koordinasjon ikke har en innvirkning på hopp høyden vår. Denne studien

undersøkte bare to muskler, m. vastus medialis og m. vastus lateralis, og må dermed tolkes med forsiktighet.

Skal man følge spesifisitetsprinsippet argumenteres det videre for at man må trene på den hastigheten man skal konkurrere innenfor (Kanehisa & Miyashita, 1983; Wilson et al. 1993).

Det vil si at lav-hastighet, høy-kraft type trening fører til økninger i kraftdelen av kraft-hastighetskurven, mens høy-hastighet, lav- kraft type trening fører til økninger i hastighetsdelen av kraft-hastighetskurven (Morrissey et al. 1995).

Behm & Sale (1993a) derimot, argumenterer for at intensjonen om å bevege en gitt vekt så hurtig som mulig vil være tilstrekkelig for å oppnå samme hastighetsspesifikke nevro-muskulære tilpasninger som faktisk hastighet i et løft. Det vil si at den aktuelle farten på selve løftet i teorien ikke skal ha en betydning, slik at høy-hastighet, lav-kraft type trening kan øke maksimal kraftutvikling (McBride et al. 2002) og lav-hastighet, høy-kraft kan øke maksimal hastighet (Toji et al. 1997; Jones et al. 2001). Det er vanskelig å si om dette går begge veier, for sett ut i fra tabell 1 ser det ikke ut til at eksplosiv styrketrening (EST) øker den maksimale styrken (Wilson et al. 1993; Newton et al. 1999; Harris et al. 2000). MST derimot, ser ut til å ha god effekt på hurtige bevegelser som i tilfellet vertikal spenst (Wilson et al. 1993; Tricoli et al. 2005; Chelly et al. 2009; Helgerud et al. 2011).

Det er vist at vertikal spenst har høy korrelasjon med både effekt, kraft, maksimal styrke, RFD, løpshurtighet (10-80m), sprintakselerasjon, bevegelseshastighet og kroppsvekt (Driss et al. 1998; Wisløff et al. 2004; Cronin & Hansen, 2005; Peterson et al. 2006; Sheppard et al. 2008; Rousanoglou et al. 2008; Riggs & Sheppard, 2009; Requena et al. 2011), hvilket indikerer at dette er nært beslektede variabler som er avhengige av de samme nevro-muskulære egenskapene.

Begrensende faktorer for maksimal styrke og spenst

Det er vanlig å dele de faktorer som bestemmer maksimal styrke og spenst inn i nevrale og muskulære faktorer (Sale, 1987; Behm & Sale, 1993b; Van Cutsem et al. 1998; Campos et al. 2002; Sale i Komi 2003; Kraemer & Ratamess, 2004; Raastad & Paulsen i Raastad et al. 2010a; Tricoli i Cardinale et al. 2011; Rainoldi & Gazzoni i Cardinale et al. 2011). Av nevrale faktorer er både aktivering av motoriske enheter, fyringsfrekvens, synkronisering og samspillet mellom muskelgrupper av betydning for den maksimale muskelstyrken (Sale, 1987; Behm & Sale, 1993b; Van Cutsem et al. 1998; Sale i Komi 2003; Raastad & Paulsen i Raastad et al. 2010a; Rainoldi & Gazzoni i Cardinale et al. 2011). Av muskulære faktorer er musklens anatomiske og fysiologiske tverrsnitt, bl.a. påvirket av musklens arkitektoniske indeks og muskelfibertyper, av betydning (Campos et al. 2002; Kraemer & Ratamess, 2004; Raastad & Paulsen i Raastad et al. 2010a; Tricoli i Cardinale et al. 2011).

Nevrale begrensinger

Plyometrisk trening (PLT), EST og MST utsetter nervesystemet for utfordringer som full aktivering av agonistene, samtidig med en gunstig aktivering av antagonister (Sale i Komi 2003). Store og komplekse flerleddsøvelser som ulike hoppøvelser og knebøy, stiller større krav til nervesystemet enn enleddsøvelser da flerleddsøvelsene involverer flere muskelgrupper og ledd som må arbeide sammen. Det vil derfor være større nevrale gevinster i flerleddsøvelser enn i leddøvelser (Chilibeck et al. 1998).

Aktivering av motoriske enheter

Mengden kraft en muskel kan produsere er relatert til antall motoriske enheter man kan rekruttere. De motoriske enhetene blir rekruttert i systematisk rekkefølge som følger størrelsesprinsippet under muskelkontraksjon (Sale, 1987). Liten kraft krever kun de minste enhetene, mens det etter hvert, ved økning av muskelkraft, vil aktiveres også flere og større enheter. De små enhetene aktiverer type I- fibrene, mens de større enhetene aktiverer type IIa og IIx (Sale, 1987). Aktiveringen av de motoriske enhetene skjer progressivt (fra liten til stor) i en isometrisk kontraksjon og samtidig i en eksplosiv kontraksjon, mens det snus på hodet i en ren eksentrisk kontraksjon der det omtrent kun er de store enhetene som er aktive (Raastad & Paulsen i Raastad et al. 2010a). Det trengs ca. 80 % av maksimal kraft for å aktivere alle de

aktuelle motoriske enhetene. De siste 20 prosentene avhenger av en forhøyet fyringsfrekvens (Raastad & Paulsen i Raastad et al. 2010a).

Trente utøvere klarer å aktivere de fleste, om ikke samtlige, av de motoriske enhetene i en maksimal kontraksjon i motsetning til hva utrente utøvere klarer (Billeter & Hoppeler i Komi, 2003). Nyere forskning, derimot, viser at man generelt kan se liten til ingen fremgang (~5 %) på full aktivering av de motoriske enhetene hos utrente personer med variasjon innen ulike muskelgrupper (Shield & Zhou, 2004). Det kan derfor se ut som om aktiveringspotensialet er lite og man heller burde fokusere på å bedre fyringsfrekvensen.

Fyringsfrekvens

Fyringsfrekvens representerer hvor nært aksjonspotensialene kommer etter hverandre i tid (Raastad & Paulsen i Raastad et al. 2010a). Dette fører til en kumulativ økning av kalsium i cytosolen, der kalsiumet skilles ut fra sarkoplasmatiske retikulum, og aksjonspotensialene må komme tett på hverandre før kalsiumkonsentrasjonen rekker å bli normalisert.

Kalsiumkonsentrasjonen bestemmer spenningen i muskelen ettersom kalsium binder seg til troponin og fjerner det fra aktinet slik at myosinhodet kan binde seg på aktinet og danne en tverrbro (Raastad & Paulsen i Raastad et al. 2010a). Det viser seg at det nærmest er et lineært forhold mellom kontraksjonskraft og kalsiumkonsentrasjon i cytosolen, men at kurven flater ut når alle bindingsstedene på aktinet er frigjort (Dahl & Rinvik, 2007). En av grunnene til at fyringsfrekvensen øker etter trening som innebærer maksimal eller tett opp til maksimal mobilisering kan være en økt myelinisering av aksonet (Åstrand et al. 2003).

Som regel vil de motoriske enhetene ikke bli aktivert i en stabil frekvens. De første impulsene er ofte de høyeste og kalles enten dubletter eller tripletter. Om det er dubletter eller tripletter kommer an på om det er to eller tre aksjonspotensialer som kommer tett etter hverandre (ca. 4-25ms) (Bawa & Lemon, 1993). Denne serien av aksjonspotensialer kalles også for en tetanisk muskelkontraksjon, og gir økt kraftutvikling fordi aksjonspotensialene summeres (Rainoldi & Gazzoni i Cardinale et al 2011). Disse dublettene/triplettene har som formål å få konsentrasjonen av kalsium på et høyt nivå, slik at den kan opprettholdes videre med lavere frekvenser (Van Cutsem et al. 1998; Raastad & Paulsen i Raastad et al. 2010a). Ved firing av disse dublettene/triplettene er man i stand til å ha en mye høyere frekvens ved de første signalene (60-120 Hz), som er spesielt viktig ved en maksimal ballistisk kontraksjon som for eksempel kan være et hopp (Sale, 1987). Den maksimale kraften vil for øvrig være

den samme selv med forhøyet fyringsfrekvens, men tiden det tar å oppnå maksimal kraft blir kortet ned, altså økt (Sale i Komi 2003; Rønnestad & Raastad i Raastad et al. 2010).

Vektløftere (Leong et al. 1999) og sprintere (Saplinskas et al. 1980) har vist å ha en høyere fyringsfrekvens av motoriske enheter i m.quadriceps enn utrente og langdistanseløpere, noe som kan indikere at trening påvirker denne faktoren. I studien til Saplinskas et al. (1980), ble det undersøkt kun én muskel, m.tibialis anterior, og dette gir en svakhet ved funnet. Både isometrisk styrketrening (Patten et al. 2001) og EST (Van Cutsem et al. 1998) har vist seg å øke kraft og RFD, der fyringsfrekvens har enten økt (Van Cutsem et al. 1998) eller forblitt uforandret (Patten et al. 2001). I studien til Patten et al. (2001) så man imidlertid en økning fra to pre-tester, som forekom 2 uker før selve treningsperioden. Samme funn fant Kamen & Knight (2004), men disse så en nedgang i fyringsfrekvens ved slutten av treningsperioden. Et argument for at fyringsfrekvensens nivå "normaliserer" seg, kan være at når andre tilpasninger starter, avtar forandringene i fyringsfrekvensen (Carolan & Cafarelli, 1992).

Synkronisering av motoriske enheter

En synkronisering av motoriske enheter skjer når to eller flere enheter aktiveres samtidig. Tradisjonelt er det blitt hevdet at dette skal føre til en forbedring av kraftutviklingen og RFD (Komi, 1986). En studie av Milner-Brown et al. (1975) viste en økt synkronisering etter en treningsperiode, men her ble det brukt elektromyografiske (EMG) målinger av overflaten på en muskel. Slike EMG-målinger har vist seg å være lite pålitelige ved måling av synkronisering av motoriske enheter (Yue et al. 1995). Studier på dyr viser at en synkron aktivering av motoriske enheter ikke fører til en større kraftutvikling enn asynkron aktivering under stimuleringer som skal tilsvare maks fyringsfrekvens. Dersom fyringen skjer ved en lavere frekvens kan det tyde på at en asynkron aktivering er mer gunstig med tanke på kraftutvikling (Rack & Westbury, 1969; Lind & Petrofsky, 1978). Det hevdes videre at synkronisering av motoriske enheter er viktig i flerleddsøvelser der stabilisering av leddene er sentralt for å unngå skader (Mellor & Hodges, 2005). Forskjeller i synkronisering er blitt funnet mellom vektløftere, musikere og utrente, der utrente viste dårligst og vektløftere best synkronisering (Semler & Nordstrom, 1998).

Samspill mellom muskler

Når en muskelkontraksjon skjer er det agonis og synergist som samarbeider om å skape dreiemoment på den ene siden av ett eller flere ledd, mens antagonisten har sitt senedrag på

andre siden av leddet og bremser dette dreiemomentet. Antagonisten kan virke hemmende for den totale kraftutviklingen i dreiemomentet, men aktivering av antagonisten er nødvendig for å stabilisere leddet (Raastad & Paulsen i Raastad et al. 2010a). Aktivering av antagonisten varierer selvsagt, og målet med trening er da å optimalisere denne aktiveringen slik at den ikke hemmer kraftutviklingen, men utfører den nødvendige stabiliseringen (Raastad & Paulsen i Raastad et al. 2010a). Studien til Baratta et al. (1988) viste at trening av hamstring førte til en større aktivering av denne antagonisten under en maksimal styrketest i kne-ekstensjon. PLT har derimot vist en reduksjon i aktivering av antagonisten under vertikale hopp (Chimera et al. 2004).

Muskulære begrensninger

Muskeltverrsnitt

En økning i muskelmasse, også kalt hypertrofi, kan defineres som en økning i muskelfiberstørrelse og dermed muskelmasse på grunn av en akkumulasjon av kontraktile og ikke-kontraktile proteiner inne i cellen (Tricoli i Cardinale et al. 2011). Økningen skjer både i muskelfibertype I og II, men i større grad i type II (Staron et al. 1994). Det totale tverrsnitt og kraftproduksjon påvirkes av antall potensielle tverrbroer som er i parallell. Desto større muskeltverrsnitt, desto mer kraft er muskelen i stand til å produsere. En muskel kan gjennomsnittlig utvikle et drag i en sene som utgjør 20-30 newton (N) per cm^2 tverrsnittareal i en isometrisk kontraksjon, dersom både muskellengden er optimal og muskelen er maksimalt aktivert. Det vil si at dersom m. quadriceps har et areal på 100cm^2 , er den teoretisk i stand til å utvikle et drag på 3000 N i patellaseen (Raastad & Paulsen i Raastad et al. 2010a).

Studier gjort på muskeltverrsnitt har blant annet funnet et korrelasjon mellom maksimal kraftproduksjon i en kneekstensjon og størrelse på muskeltverrsnittet i m. quadriceps hos kvinner (Häkkinen & Häkkinen, 1991). Videre har en studie av Andersen et al. (2005) vist en signifikant økning i både vertikal spenst, isometrisk styrke og muskeltverrsnitt etter en periode med hypertrofitrening (HT). En økning i muskelmasse vil bare til en viss grad være positivt for vertikal spenst (akselerasjon av kroppsmasse vertikalt), da økt muskeltverrsnitt øker kroppsvekten noe, som igjen kan være ugunstig for hurtige bevegelser av kroppsmasse, som hopp (Tesch & Larson, 1982; Volek et al. 1999; Hoff & Helgerud, 2004).

Muskelfibertyper

Man har grovt inndelt tre muskelfibertyper, type I, type IIa og type IIx. Denne inndelingen er blitt gjort på grunnlag av ATP-aseaktivitet og myosin heavy chain (MHC) sine tre isoformer i menneskets skjelettmuskulatur (Wells et al. 1996; Åstrand et al. 2003). Type I har en lav kontraksjonshastighet, lav ATP-aseaktivitet (splitter adenosintrifosfat (ATP) 300 ganger i sekundet), men en høy oksidativ kapasitet. Type IIa har middels kontraksjonshastighet, ATP-aseaktivitet og oksidativ kapasitet. Type IIx kjennetegnes ved en høy kontraksjonshastighet, høy ATP-aseaktivitet (splitter ATP 600 ganger i sekundet) og en lav oksidativ kapasitet (Barany, 1967; Faulkner et al. 1982; Åstrand et al. 2003). I utgangspunktet vil imidlertid evnen til å utvikle kraft være omtrent den samme ved en isometrisk kontraksjon for hver av muskelfibertypene. Forskjellen blir tydelig når det skjer en hurtig dynamisk bevegelse der forkortningshastighet er viktig. Det vil si at dersom to personer har like stort muskeltvernsnitt og maksstyrke, så vil personen med størst andel av muskelfibertype II ha en hurtigere kraftutvikling enn personen med lavere andel muskelfibertype II (Raastad & Paulsen i Raastad et al. 2010a). Litteratur viser at muskelfibertype II har tre ganger større makshastighet og fire ganger større effektproduksjon enn muskelfibertype I (Fitts & Widrick, 1996). Muskelfibertypene rekrutteres etter et hierarki. Det vil si at når behovet for kraftutvikling er lavt, som for eksempel ved jogging, er det type I som er mest aktiv. Når kraftbehovet øker aktiveres type IIa, og ved maks kraftbehov rekrutteres type IIx. Dette rekrutteringshierarkiet kan være en begrensende faktor fra utrent til trent, men ser ikke ut til å ha noen betydning fra trent til godt trent (Raastad & Paulsen i Raastad et al. 2010a). Det er vist at utøvere innen idretter som krever styrke og hurtighet har en større andel muskelfibertype II enn utholdenhetsutøvere, som til gjengjeld har mer av muskelfibertype I (Gollnick et al. 1972; Costill et al. 1976). Om det er arv eller treningsadapsjoner som har størst innvirkning på muskelfibertype-karakteristikkene er enda noe usikkert. Men en studie av Simoneau & Bouchard (1995) fant grunner til å gå ut ifra at 45 % av muskelfibertypevariasjonen kommer fra arv, mens andre studier har funnet at de resterende prosentene viser seg å være adaptasjoner som følge av trening (Andersen et al. 1994; Friedmann et al. 2004). Campos et al. (2002) sin studie konkluderte på sin side med at muskelfibertypesammensetning hovedsakelig er genetisk bestemt. Sikrere funn finner man blant transformeringer innen type II, da endringer skjer fra type IIx til IIa, som eksempelvis etter en styrketreningsperiode med tunge vekter (Staron et al. 1991; 1994). Dette er muligens en direkte ulempe i forhold til effektutvikling, men fordelene ved økt hypertrofi i type IIa veier opp for nettopp dette.

Dessuten er det en viss logikk i at en hurtig muskelfiber som også har en god oksidativ kapasitet vil være bedre i stand til å bidra i en treningsøkt som gjerne består av flere gjentatte repetisjoner av en eller annen bevegelse. Ved et større opphold fra styrketrening endrer muskelfibertype IIa seg tilbake til den opprinnelige type IIx (Andersen & Aagaard, 2000).

Muskellengde

Muskelens evne til å utvikle kraft er avhengig av sarkomerens lengde (Rainoldi & Gazzoni i Cardinale et al. 2011). Kraftproduksjonen er størst når sarkomerens lengde gir aktin og myosin best overlapping, og dette beskrives ofte som optimal lengde (Raastad & Paulsen i Raastad et al. 2010a). Full fleksjon eller full ekstensjon av en muskel fører i dette tilfellet til mindre kraftproduksjon. Full fleksjon resulterer i at aktinfilamentene overlapper, og at myosinfilamentene kommer i kontakt med z-diskene (Edman i Komi 2003). Full ekstensjon fører til færre tverrbroer og dermed mindre kraftproduksjon (Raastad & Paulsen i Raastad et al. 2010a). Hvilende muskler har en litt for kort lengde i forhold til den optimale lengden for kraftproduksjon, så derfor kan en strekk før kontraksjon være med på å øke kraftproduksjonen (Close, 1972). Det bør imidlertid også nevnes at en strekk før en kontraksjon av muskulaturen setter i gang flere faktorer som er med på å øke kraftproduksjonen (Nicol et al. 2006).

Muskelarkitektur

Arkitekturen til en muskel blir viktigere desto større bevegelseshastighet man klarer å utøve (Wickiewicz et al. 1983; Blazevich et al. 2006). Fasikkellengde er én av to store faktorer innen muskelarkitektur. En økning i fasikkellengde resulterer i flere kontraktile elementer i serie, som igjen øker evnen til kraftproduksjon under raske bevegelser (Wickiewicz et al. 1983; Blazevich et al. 2006). En muskelfiber med fem seriekoblede sarkomerer, som forkorter seg med to fiberlengder i sekundet, har en lavere bevegelseshastighet enn en muskelfiber som har ti seriekoblede sarkomerer (20 vs 10 fibre/sekund). Fasikkellengden hos sprintere er lengre i m.vastus lateralis, m.gastrocnemius lateralis og m. gastrocnemius medialis, enn hos langdistanseløpere og utrente (Abe et al. 2000). Fasikkellengde korrelerer også med tidlig RFD (0-30ms) og 100m sprint (Abe et al. 2001; Blazevich et al. 2009; Earp et al. 2011). Om forskjellen i fasikkellengde mellom sprintere og langdistanseløpere er et resultat av treningsadapsjon eller genetikk er vanskelig å si, men ut i fra sistnevnte studier så ser man uansett viktigheten av sarkomerer i serie i forbindelse med hurtig kraftutvikling. Fasikkellengde har vist endring, i form av økning, etter en periode med både MST, EST og PLT (Blazevich et al. 2003; Alegre et al. 2006).

Den andre viktige faktoren innen muskelarkitektur er vinkelen mellom fiberretning og muskelens lengderetning. Desto større denne vinkelen er mellom fiberretning og muskelens lengderetning (skråstilte fibre i fjærformet muskulatur), desto større fysiologisk tverrsnitt får man. Dermed er evnen til å utvikle kraft større, men innenfor et snevrere bevegelsesutslags- og hastighetsområde (Gans, 1982; Blazeovich et al. 2006; Earp et al. 2011). Større vinkel mellom fiberretning og muskelens lengderetning blir ofte assosiert med tregere kontraksjoner, og kan derfor virke hemmende for bevegeshastigheten (Spector et al. 1980). Derfor finner vi gjerne fjærformet muskulatur nær kroppens sentrum som skal virke som kroppens igangsettere, for eksempelvis m. quadriceps og m. gluteus maximus i et vertikalt hopp (Bobbert et al. 1996; Rodacki et al. 2002; Dahl & Rinvik, 2007). Kroppsbyggere viser en større vinkel mellom fiberretning og muskelens lengderetning, sammen med et større muskeltverrsnitt, enn det utrente viser (Kawakami et al. 1993). Dessuten hadde svært trente sprintere en mindre vinkel enn dårlig trente sprintere (Kumagai et al. 2000). MST har vist seg å øke vinkelen mellom fiberretning og muskelens lengderetning signifikant, samtidig som denne treningsmetoden gir en økning i muskeltverrsnitt og kraftproduksjon (Aagaard et al. 2001). PLT har derimot vist en uendret til liten nedgang i denne vinkelen (Blazeovich et al. 2003).

Trening av spenst

For å øke spensten er det logisk tre gevinster man trener for; høyere kraft med samme hastighet; høyere hastighet med samme kraft; samme kraft og hastighet, men redusert kroppsvekt eller en kombinasjon av disse punktene (Rønnestad & Raastad i Raastad et al. 2010). Det benyttes hovedsakelig fem måter å forbedre spenst på:

- Trening med redusert kroppsvekt
- Trening med kun kroppsvekt
- Trening med lett/moderat motstand
- Trening med høy motstand
- Eventuelt en kombinasjon av nevnte (Rønnestad & Raastad i Raastad et al. 2010; Sheppard et al. 2011)

Disse fem metodene blir ofte delt inn i fire hovedgrupper kalt plyometrisk trening, eksplosiv styrketrening, maksimal styrketrening og hypertrofitrening. Alle, eksklusiv hypertrofitreningen, har fokus på maksimal mobilisering av nerve-muskelsystemet (Kraemer & Ratamess, 2002;2004; Rønnestad & Raastad i Raastad et al. 2010).

For å få konkrete grenser på hva som er MST, EST eller PLT, har jeg skilt treningsmetodene ved hjelp av prosentvis belastning av 1RM.

MST har jeg kategorisert som trening med en minimumsbelastning på 80 % av 1RM. Både Häkkinen et al. (1985b) og Campos et al. (2002) viser at en slik belastning er tilstrekkelig for å få nevro-muskulær endring og økning i muskelstyrke. PLT blir ofte assosiert som trening med kroppsvekt (Wilson et al. 1993; Chelly et al. 2010; Turner & Jeffreys, 2010), og dermed vil EST kunne kategoriseres som trening med en belastning fra 5-80 % av 1RM og selvsagt med høyest mulig bevegelseshastighet. Studier viser at EST oftest kategoriseres som trening med en belastning fra 30-70 % av 1RM, men jeg velger å bruke en større skala innen denne type trening for å unngå sub-maksimal/eksplosive grupper, 1-30 % og 70 – 80 % (McBride et al. 2002; Siegel et al. 2002).

Plyometrisk trening som spensttrening

Plyometrisk trening (PLT) blir også ofte kalt hopp trening, og har vist å øke den vertikale spensten fra 4.2 – 13 % for både trente og utrente (Wilson et al. 1993; Malisoux et al. 2006; Markovic et al. 2007; Campo et al. 2009; Villarreal et al. 2009; Chelly et al. 2010; Khelifa et

al. 2010). Dette er ofte trening med egen kroppsvekt som inneholder bevegelser der SSC er sentral (Kyrolainen et al. 2005; Malisoux et al. 2006). Sheppard et al. (2011) har også funnet en signifikant økning (2.7 cm) i spenst ved hjelp av redusert kroppsvekt (strikk) under hopptreningen. Formålet med PLT er å være hastighets- og bevegelsesspesifikk, og at maksimal kraft oppnås på kortest mulig tid (RFD) (Rønnestad & Raastad i Raastad et al. 2010). Hovedtilpasningene fra denne treningen er økning i maksimal bevegelseshastighet, RFD, bedret SSC og nevralt aktivering (Häkkinen et al. 1985a; Turner & Jeffreys, 2010). Metaanalysen til Markovic (2007) viser at PLT har større påvirkning på hopptypen CMJ enn på SJ, noe som også samsvarer med studiene i tabell 1 (Wilson et al. 1993; Malisoux et al. 2006; Khlifa et al. 2010) med unntak av Chelly et al. (2010). Denne type trening har også vist seg å kunne øke maksimal styrke og effekt (Potteiger et al. 1999; Malisoux et al. 2006; Chelly et al. 2010).

Styrketrening som spensttrening

Styrketrening blir ofte delt opp i både tung (HT eller MST) og eksplosiv trening (Kraemer & Ratamess, 2004; Rønnestad & Raastad i Raastad et al. 2010).

Maksimal styrketrening (MST) utføres ofte med tunge vekter (80-95 % av 1RM), og har også vist seg å forbedre spenst med 5.1 – 10 % (Wilson et al. 1993; Harris et al. 2000; Tricoli et al. 2005; Chelly et al. 2009; Helgerud et al. 2011). Denne treningen har som formål å utvikle maksimal styrke (1RM), maksimal kraft (N), og som følge av dette, effekt (W) (Häkkinen et al. 1985b; Stone et al. 2003). Dette kan observeres i tabell 1 (Wilson et al. 1993; Harris et al. 2000; Tricoli et al. 2005; Chelly et al. 2009; Helgerud et al. 2011). Selv med en lav bevegelseshastighet, på grunn av den tunge ytre motstanden, ser det ut til at bevegelseshastigheten uten ekstern motstand (kroppsvekt) økes så lenge man konsentrerer seg om å mobilisere maks i den konsentriske fasen av løftet (Behm & Sale, 1993a; Blazeovich & Jenkins, 2002). Tilpasningene her er først og fremst nevralt (Aagaard et al. 2001), men en økning i muskeltverrsnitt forekommer også (Campos et al. 2002). Denne type trening ser også ut til å ha større innvirkning på SJ enn på CMJ (Wilson et al. 1993; Tricoli et al. 2005; Rønnestad et al. 2008; Chelly et al. 2009).

Eksplosiv styrketrening (EST), ofte med lette til moderate vekter (5-80 % av 1RM), har også vist seg å forbedre spenst med 3.9 – 17.6 % (Wilson et al. 1993; Newton et al. 1999; Harris et al. 2000; Khlifa et al. 2010). Denne treningen har til formål å produsere mye effekt (Siegel et al. 2002). Dette er fordi hastigheten på løftet er høy og kraftproduksjonen også er relativt høy

på grunn av den eksterne vekten. Adapsjonene til denne treningen er hovedsakelig hurtigere kraftutvikling (RFD) og en mulig forbedring i SSC (Wilson et al. 1993; Newton et al. 1999). Denne treningen er også avhengig av maksimal mobilisering, men i motsetning til i MST er maks mobilisering vanskeligere i denne type trening (Andersen & Aagaard, 2000; Gandevia, 2001; McBride et al. 2002). Slik er det fordi vekten er såpass lett at man ikke “trenger” å mobilisere maks. I MST blir den maksimale mobiliseringen gjort automatisk på grunn av den tunge vekten og for å komme seg opp i stående stilling.

Alle disse treningstypene, forutsatt maksimal mobilisering i utførelse, fører til økt nevralt aktivering (Häkkinen et al. 1985a,b; Aagaard et al. 2001) som igjen fører til høyreforskyvning av kraft-hastighetskurven.

Hypertrofitrening (HT), der målet er å få økt muskelvekst, utføres med en belastning på rundt 70-80 % av 1RM (6-12 RM), da studier har vist at denne motstanden er den mest optimale for å få den største summen av både mekanisk belastning (her trengs tunge vekter) og metabolsk belastning (her trengs mange repetisjoner) (Kraemer & Ratamess, 2004). Tyngre vekter (nærmere MST) har også ført til økt muskelvekst (Campos et al. 2002). Formålet med denne treningen er altså å kombinere mekanisk drag i muskelen med metabolsk stress, der det metabolske stresset bør prioriteres (Andersen & Aagaard, 2000; Campos et al. 2002; Takarada et al. 2002; Åstrand et al. 2003; Kraemer & Ratamess, 2004; Rønnestad et al. 2010). Økt muskelvekst, altså større areal i muskeltverrsnittet, vil føre til økt kraftutvikling (Narici et al. 1996; Campos et al. 2002). Jeg har til nå bare funnet én studie (Andersen et al. 2005) som undersøkte HT opp mot vertikal spenst-målinger. Økningene der, på henholdsvis SJ, CMJ og styrke, var 9, 10 og 16.3 % (Andersen et al. 2005).

Ut i fra Newtons 2. lov: $K = m \times a$, så vil økt muskelmasse, som ofte assosieres med økt kroppsmasse (Hoff & Helgerud, 2004; Volek et al. 1999), være negativt for bevegelser som har som formål å flytte egen kroppsvekt. Tesch & Larson (1982) har vist at kroppsbyggere med stor muskelmasse har en dårligere evne til å utvikle kraft ved høye hastigheter enn konkurranseutøvere innen vektløftning. Dette trenger nødvendigvis ikke å skyldes stor muskelmasse, men kan ha grunnlag i arkitekturen i den trente muskelen og/eller treningsspesifisitet (Hoff & Helgerud, 2004). Uansett må kraften øke proporsjonalt med kroppsmassen for å opprettholde akselerasjonen, til et visst punkt (Hoff & Helgerud, 2004).

Tabell 1. En oversikt over et utvalg av tidligere treningsintervensjoner og påvirkning på maksimal styrke, effekt og vertikal spenst.

Studie	Treningsmetode	Idrett/ Aktivitet	Nivå	Uker/ Økter pr. uke	SJ	CMJ	CMJ- as	Effekt	1RM
Chelly et al. 2010	PLT	Fotball	Regional	8/2	7.1 %	4.2 %	-	4.9 % #	-
Campo et al. 2009	PLT	Fotball	Nasjonal	12/3	-	12.9 %	-	-	-
Malisoux et al. 2006	PLT	Mosjon	-	8/3	9 %	13 %	-	-	12 %
Wilson et al. 1993	PLT	Mosjon	Styrketrente	10/2	I.S.	10.3 %	-	I.S.	I.S.
Khelifa et al. 2010	PLT	Basketball	Nasjonal	10/2-3	5.8 %	7 %	-	-	-
Chelly et al. 2009	MST	Fotball	Junior	8/2	10 %	I.S.	-	I.S.	35.2 %
Tricoli et al. 2005	MST	Mosjon	Studenter	8/3	9.6 %	6.6 %	-	-	43.7 %
Harris et al. 2000	MST	Am.fotball	Styrketrente	9/4	-	-	I.S.	I.S.	9.8 %
Wilson et al. 1993	MST	Mosjon	Styrketrente	10/2	6.8 %	5.1 %	-	6.5 % §	16.2 % ##
Helgerud et al. 2011	MST	Fotball	Nasjonal	8/2	-	5.2 %	-	-	51.7 %
Harris et al. 2000	EST	Am.fotball	Styrketrente	9/4	-	-	3.9 %	2.4 % #	I.S.
Newton et al. 1999	EST	Volleyball	Nasjonal	8/4 (2)*	-	-	5.9 %	19.7 %	I.S.
Wilson et al. 1993	EST	Mosjon	Styrketrente	10/2	15.2 %	17.6%	-	5.2 % §	I.S.
Khelifa et al. 2010	EST	Basketball	Nasjonal	10/2-3	9.9 %	12.2%	-	-	-
Harris et al. 2000	MST+EST	Am.fotball	Styrketrente	9/4	-	-	2.9 %	2.6 % #	11.6 %
Kotzamanidis et al. 2005	PLT+MST	Fotball	-	9/2	7.8 %	6.7 %	-	-	8.6 %
Tricoli et al. 2005	PLT+MST	Mosjon	Studenter	8/3	I.S.	5.7 %	-	-	47.8 %
Rønnestad et al. 2008	PLT+MST	Fotball	Nasjonal	7/2	9.1 %	I.S.	-	9.5 %	22.9 %
Ratamess et al. 2007	PLT+MST	Mosjon	-	10/4	-	-	7 %	-	18 %
Cormie et al. 2010	PLT+EST	Utrente	-	10/3	-	16.3 %	-	11.6 % **	I.S.
Mihalik et al. 2008	PLT+EST	Volleyball	Regional	4/2	-	-	9.1 %	7.5 % #	-
Toumi et al. 2004	PLT+EST	Håndball	Nasjonal	6/4	11.3 %	13.2 %	-	-	15.8 % ##
Balabinis et al. 2003	PLT+EST+MST	Basketball	Studenter	7/4	-	-	9.5 %	2.9 % §	16.1 %
Izquierdo et al. 2006	PLT+EST+MST	Basque §§	Nasjonal	16/2	-	-	9.8 %	29 %	23 %
Perez-Gomez et al. 2008	PLT+EST+MST	Mosjon	Studenter	6/3	I.S.	8.3 %	-	I.S.	43.3 %
Paavolainen et al. 1991	PLT+EST+MST	Langrenn	Nasjonal	6/6-9	11.3 %	8.2 %	-	27.8% \$	I.S. ##
Andersen et al. 2005	HT	Mosjon	-	14/3	9 %	10 %	-	-	16.3 % ##

MST = maksimal styrketrening. EST = eksplosiv styrketrening. PLT = plyometrisk trening. HT = hypertrofitrening. I.S. = ikke signifikant. *4 økter i uka, der 2 av de var for ben. **Midt-test til post-test (5 uker). #Målt ved hopp. ## Målt ved maksimal isometrisk kontraksjon. §Målt ved maksimal sykkeltest (6-30 sek). §§ Type squash. \$ Målt ved isometrisk kontraksjon (60 %)

Kombinasjonen av treningsmetoder

Kombinasjonen av de treningsmetodene nevnt tidligere i avsnittet, med unntak av HT, har vist seg å øke vertikal spenst, effekt og maksimal styrke med henholdsvis, 2.9 – 16.3 %, 2.6 – 29 % og 8.6 – 47.8 % (Paavolainen et al. 1991; Harris et al. 2000; Balabinis et al. 2003; Toumi et al. 2004; Kotzamanidis et al. 2005; Tricoli et al. 2005; Izquierdo et al. 2005; Ratamess et al. 2007; Mihalik et al. 2008; Rønnestad et al. 2008; Perez-Gomez et al. 2008; Cormie et al. 2010).

Baker (1996) argumenterer for at alle tre treningsmetodene nevnt ovenfor burde være med enten samtidig eller periodevis innen et spensttreningssopplegg for å utvikle maks kraft (MST), hurtig kraft (EST) og for å overføre denne utviklede kraften til en bestemt bevegelse (PLT) (Baker, 1996).

I enkelte av studiene i tabell 1 (Balabinis et al. 2003; Toumi et al. 2004; Kotzamanidis et al. 2005; Izquierdo et al. 2006; Mihalik et al. 2008; Rønnestad et al. 2008) har man valgt å implementere PLT i selve treningsintervensjonen, selv om idretten de bedriver er av type ballspill. Studier viser at både fotball (Rønnestad et al. 2008; Chelly et al. 2009; Helgerud et al. 2011), håndball (Toumi et al. 2004), basketball (Khlifa et al. 2010) og volleyball (Clutch et al. 1983; Newton et al. 1999) har PLT i selve idretten. Khlifa et al. (2010) viste at EST var bedre enn PLT for basketballutøvere. Rønnestad et al. (2008) sin studie viste at ekstra PLT sammen med MST ikke var nødvendig med tanke på å øke spenst og hurtighet for fotballspillere. Disse to studiene understøtter dermed hypotesen om at ekstra PLT ikke er nødvendig sammen med enten EST eller MST hvis idretten inneholder plyometriske bevegelser.

Rønnestad et al. (2008) og Chelly et al. (2009) hadde derimot kun økning i SJ og ikke CMJ for gruppen som kun trente MST. Samme funn ble for øvrig funnet for den gruppen som hadde ekstra PLT ved siden av (Rønnestad et al. 2008). Toumi et al. (2004) fant også liknende funn, der gruppen som bare trente EST ved siden av idrett kun hadde økning i SJ, og ikke i CMJ. Derimot hadde gruppen med ekstra PLT ved siden av en økning i CMJ, i motsetning til hos Rønnestad et al. (2008).

Kotzamanidis et al. (2005) hadde samme treningsmetode som Rønnestad et al. (2008), PLT+MST vs. MST, men her ble det funnet økninger i både SJ og CMJ kun hos PLT+MST, i motsetning til funnet i Rønnestad et al. (2008). Det kan hende at fotballspillerne i dette studiet

(Kotzamanidis et al. 2005) var på et lavere nivå prestasjonsmessig, enn Rønnestad et al. (2008) sine profesjonelle fotballspillere, siden studien ikke spesifiserer nivå på utøverne. Sett ut i fra CMJ-målingene mellom disse to studiene, 28 vs. 36 cm, kan det se ut til at Rønnestad et al. (2008) sine utøvere faktisk er på et høyere nivå. Nivået på fysiske egenskaper bestemmer ofte hvilket nivå man konkurrerer på, nasjonal vs. regional/lokal (Fleck et al. 1985; Hoff et al. 2005; Gabbett & Georgieff, 2007).

Ser man isolert på styrketreningsmetodene, MST og EST, er det EST som kommer best ut med tanke på fremgang i spenst for idrettsutøvere (Newton et al. 1999; Harris et al. 2000; Chelly et al. 2009; Khlifa et al. 2010; Helgerud et al. 2011). Det er vanskelig å si om EST er nødvendig for ballspillutøvere hvis man tar utgangspunkt i effektformelen, $W = k \cdot h$. Har man hastighetsspesifikk trening, i form av idretten man bedriver, og kraftspesifikk trening, i form av MST, burde dette være tilstrekkelig for å få en økt effektproduksjon og dermed en økt hopp høyde. Imidlertid fant Harris et al. (2000) at MST alene for amerikanske fotballspillere ikke ga en økning i vertikal spenst. Det gjorde derimot EST alene eller i kombinasjon med MST.

EST alene er derimot ikke vist å gi signifikant økning i 1RM, i motsetning til MST (Newton et al. 1999; Harris et al. 2000; Chelly et al. 2009; Helgerud et al. 2011). Sistnevnte treningsmetode skal teoretisk sett ha størst fremgang på kraftdelen av kraft-hastighetskurven (Häkkinen et al. 1985b; Stone et al. 2003). Maksimal kraft har naturlig nok vist seg å ha en svært god korrelasjon med maksimal styrke (Sheppard et al. 2008), og maksimal styrke er én av flere viktige faktorer som bestemmer vår vertikale spenst. Ser man på olympiske løftere og deres treningsprogram så kombinerer de ofte MST og EST (Häkkinen et al. 1987; Garhammer & Takano i Komi 2003). Ifølge McBride et al. (1999) produserer olympiske vektløftere også mer kraft og effekt enn utøvere innenfor andre kraftidretter og enn sprintere.

Et viktig spørsmål relatert til styrketrening som spensttrening for utøvere som allerede har PLT implementert i sin daglige eller ukentlige trening, slik som volleyballspillere, vil dermed omhandle spesifisitetsprinsippet innen bevegelseshastighet. Er MST tilstrekkelig for å øke spensten alene, og vil dette i så fall samsvare med Behm & Sale (1993b) sin teori om intensjonell bevegelseshastighet? Vil man få en additiv effekt av å kombinere MST med EST med tanke på hastighetsspesifisitet? Dette vil i så fall samsvare med Morrissey et al. (1995) sin teori om at trenings- og konkurransehastighet må være mest mulig identiske.

Problemstilling

Målet med denne studien var å undersøke ulike styrketreningsmetoder med tanke på å øke hopphøyde hos volleyballutøvere i sesong. Siden volleyballutøvere får mye plyometrisk trening i selve idretten, var fokuset på maksimal (MST) og eksplosiv styrketrening (EST). Spesifikt var derfor hovedproblemstillingen: **Vil en kombinasjon av MST og EST gi større fremgang i maksimal styrke (1RM), effekt (W) og vertikal spenst (SJ, CMJ og CMJas) enn MST alene hos volleyballspillere i sesong?**

Som en delstudie ønsket jeg også å se på hva som ville være et optimalt repetisjonsantall per sett under MST og EST, for i størst mulig grad å sikre mulighet for maksimal mobilisering under utførelsen av treningene.

Metode

Hovedstudien

Denne studien ble gjennomført som en treningsintervensjon med et pre-post-design. Studien tok for seg hovedproblemstillingen om ulike styrketreningsmetoder for å forbedre vertikal spenst. Innsamling av data skjedde i perioden oktober 2010 til desember 2011.

Forsøkspersoner

31 volleyballutøvere (13 menn og 18 kvinner), fra ulike volleyballag i Bø (divisjon 1 til 4), ble rekruttert for den 6 uker lange treningsintervensjonen. 27 (13 menn, 14 kvinner) fullførte treningsintervensjonen. Av de 4 som ikke fullførte, var grunnene enten at de trakk seg frivillig eller at de ikke innfridde inkluderingskravene. De resterende ble tilfeldig inndelt i to grupper; MST (n= 10, 5 kvinner og 5 menn), og MST+EST (n= 17, 9 kvinner og 8 menn). Alle forsøkspersonene var friske og skadefri. Ingen av forsøkspersonene hadde trent systematisk styrketrening de siste 3 månedene før selve treningsintervensjonen. Forsøkspersonene skrev frivillig under på egenerklæringsskjema om helse (vedlegg 2), samtykkeskjema og infoskriv (vedlegg 1), på bakgrunn av sin kjennskap til prosjektet. Prosjektet, samtykkeerklæringen og infoskrivet var godkjent av regional etisk komité i Helse Sørøst. Alle forsøkspersoner ble matchet for alder, høyde, kroppsvekt, kjønn, 1RM og CMJ (tabell 2). Ingen signifikant forskjell i noen av disse variablene mellom gruppene.

Tabell 2. Utøverkarakteristikk, 1-4 divisjon volleyball.

	MST (n=10)	MST+EST (n=17)
Alder (år)	21 ± 1.3	21.9 ± 2.9
Høyde (cm)	178.2 ± 12.2	175.8 ± 10.7
Kroppsvekt (kg)	73.9 ± 13.5	73.5 ± 11.1
Nivå (div)	2.7 ± 1.1	2.4 ± 1.3
1RM (kg)	124 ± 23.8	125.7 ± 42.6
CMJ (cm)	33.8 ± 6.7	33.1 ± 9.5

Verdier er gjennomsnitt ± standard avvik. n = antall forsøkspersoner. MST = maksimal styrketrening. EST = eksplosiv styrketrening. Kroppsvekt målt i kilogram. Høyde målt i cm. 1RM, en repetisjon maksimum målt i kilogram. CMJ, Counter movement jump målt i centimeter. Nivå målt i divisjon.

Delstudien

Før selve hovedstudien ble det gjennomført en rekke tester på ulike idrettsutøvere i forbindelse med deres trening. Dette var opprinnelig ikke en del av prosjektet, men tester utøverne tok i forbindelse med evaluering av treningen de bedrev. Testene besto i repeterte hopp og repeterte løft, med kontinuerlig måling av hopp høyde, kraft og effekt. I etterkant ble data fra disse testene (med utøvernes samtykke) brukt til å kontrollere om det repetisjonsantall som hadde blitt valgt under treningen i hovedstudiet var gunstig med tanke på å søke etter mest mulig maksimal mobilisering i hvert løft. Denne studien var da en samling og gjennomgang av allerede oppnådde testresultater, og har karakter av et kartleggingsstudie. Dataene ble systematisert mellom mars og mai 2012, basert på tester gjennomført de siste 3 årene.

Forsøkspersoner

13 idrettsutøvere (5 menn og 8 kvinner) hadde i forkant av datainnsamlingen gjennomført to typer tester. Samtlige fullførte serie av hopptest (10 repeterte maksimale CMJ – hopp), mens bare 7 hadde gjennomført serie av knebøyløft (10 repeterte løft fra 90° i kneledd med maksimal mobilisering i konsentrisk fase). Alle var friske og skadefri. Siden noen av disse testene ble gjort før selve hovedintervensjonen ble det ikke skrevet under på noe egenerklærings-, samtykke- og infoskjema. Men alle har i etterkant samtykket i at resultatene ble brukt i denne oppgaven. Bruk av tidligere innhentede testdata i idrettslig sammenheng i et senere forskningsarbeid er også godkjent prosedyre i bl.a. International Journal of Sport Medicine.

Tabell 3. Utøverkarakteristikk, delstudien.

	n = 13
Alder (år)	22.2 ± 6.7
Høyde (cm)	173.8 ± 9.7
Kroppsvekt (kg)	66.7 ± 13.6

Verdier er gjennomsnitt ± standard avvik. n = antall forsøkspersoner. MST = maksimal styrketrening. EST = eksplosiv styrketrening. Kroppsvekt målt i kilogram. Høyde målt i cm.

Testprotokoll - delstudien

Nevromuskulær trøtthet - serie av hopp og knebøyløft

Testen av nevro-muskulær trøtthet ble gjennomført på én dag, og bestod av to tester: 10 repeterte maksimale CMJ-hopp og 10 repeterte knebøyløft fra 90° i kneledd med maksimal mobilisering i konsentrisk fase. Hoppene ble gjennomført med lysrør og hopp høyde ble beregnet ut i fra svevtid. Belastningen under knebøyløft skulle være så nært inntil 75 % av 1RM som mulig. Før test ble det gjennomført en standardisert oppvarming, slik som den før vertikal hopptest. Målet med denne testen var å undersøke hvor mange repetisjoner man klarer å opprettholde maks intensitet, enten i form av centimeter eller watt, før man får en nedgang. En 10 % nedgang i enten cm eller watt og en visuell tolkning av figurene ble brukt som vurderingsfaktorer der maks intensitet avtok. Valget av 10 % begrunnes ut i fra følgende formel, gjennomsnittsverdi/høyeste verdi (Bosco, 1999). Under testene, der repetisjonsantallet var 10, antas det at utøverne under de første fem repetisjonene yter mellom 100 og 90 % av maks verdi, og at de under de fem siste yter mellom 80-90 % av maks verdi, og dermed får man et snitt på 90 %. Siden det er hevdet at maks mobilisering kan opprettholdes i 5-6 rep (Andersen & Aagaard, 2000; Gandevia, 2001), vil dette være på vippepunktet fra 90 % og nedover til 80 %. Hopptypen som ble valgt, CMJ, ble valgt på grunnlaget av at hopptypen skulle ligne mest mulig på et knebøyløft. I begge testene har utøverne blitt bedt om å mobilisere maks.

Testprotokoll - hovedstudien

Det ble gjennomført tre typer tester: én for vertikal hopp høyde (cm), én for effekt (W), og én for 1RM (kg). Effekt og 1RM ble testet som én test. Spent-, 1RM- og effekttesten ble gjennomført på en dag, der den vertikale spenttesten ble gjennomført først, deretter effekttesten og til slutt 1RM-testen.

Vertikal hopp

Før hopptesten ble det gjennomført 10-15 minutter standardisert oppvarming for å sikre oss fra feilkilder. Etter dette ble utøverne instruert i hopptypene som skulle gjennomføres.

- SJ (squat jump): hopp uten svikt fra 90° i kneledd med hoftefeste.

- CMJ (counter movement jump): hopp med svikt og hoftefeste.
- CMJas (counter movement jump with armswing): hopp med svikt og armsving

Alle utøverne gjennomførte 3-5 hopp av hver hopptype som skal være godkjent utført, og det beste hoppet i hver serie ble registrert og lagret. Ved SJ ble det brukt en pappvinkel for å måle knevinkel til 90°. Utøverne senket seg rolig ned til denne posisjonen (90°), sto stille til de fikk et signal av meg om å hoppe. Hoftefeste skulle holdes fra start til slutt under hoppet i både SJ og CMJ. Dersom forsøkspersonen sviktet i SJ ble dette registrert av kraftplattformen og ble hoppet deretter ikke godkjent. Kraftplattformen registrerte også om man hadde for langsom eksentrisk fase i CMJ. I så fall ble dette ikke godkjent. Utøverne hadde 2-3 minutters pause mellom hver hopptype. Jeg velger å inkludere CMJas da denne hopptypen er volleyballspesifikk. I og med at jeg tester volleyballutøvere vil dette være relevant.

1RM og effekt

Alle utøverne fikk maksimum 2 uker med teknikktraining 2-3 dager i uka i knebøy før selve testingen. Før testene ble det gjennomført en standardisert oppvarming, slik som den før hopp testen. Utøverne ble også veid, slik at målingene av effekt (W) ble nøyaktige. Forsøkspersonene fikk 2 oppvarmingsløft før selve effekt-testen. Hvert løft i effekttesten, etter den spesifikke oppvarmingen, startet med en kontrollert eksentrisk fase, etterfulgt av en maksimal konsentrisk mobilisering. I første testserie gjennomførte utøverne 6 repetisjoner med belastning tilsvarende ca. 30 – 50 % av 1RM. Etter ca. 3 min hvile; 3 repetisjoner på ca. 70 % av 1RM, 3 min hvile; 2 repetisjoner på 80 % av 1RM, 3 min hvile; 1 repetisjon på estimert 1RM. Etter dette ble belastningen økt med 2,5 til 10 kg pr løft, med ca. 5 minutters hvile mellom hvert løft inntil 1RM ble nådd.

Utstyr

Under målingene av hopp høyde ble det brukt en kraftplattform tilknyttet MuscleLab 8 (Ergo system Technology, Langesund, Norway), som beregner hopp høyden ut i fra mengden kraft forsøkspersonen klarer å utvikle vertikalt mot kraftplattformen i konsentrisk fase av et vertikalt hopp. Under serie av hopp ble lysrør som måler svevtid med MuscleLab 8 benyttet. Under test av 1RM og makseffekt i knebøy ble Casall vektstang benyttet, mens Smith-maskin (Precor, Woodinville WA, USA) ble anvendt i serie av knebøyløft. I begge testene ble

vektskiver fra både Casall og Gym 2000 benyttet (Casall, Sweden, Barbell International; Gym 2000, Norway). Under målingene av makseffekt og serie av knebøyløft (W) ble MuscleLab 8 sammen med en snorboks brukt. Musclelab måler tid per løft, arbeidsvei og vekt (kropp + ekstern). På bakgrunn av det beregnes effekt, uttrykt i $N \cdot m \cdot s^{-1}$ eller watt (W) Alle ble veid før pre- og posttest på en digital vekt (Wilfa BAS-1, Hagan, Norway) for å sikre valide vertikal spenst- og makswattresultater.

Trening - hovedstudien

Forsøkspersonene ble delt opp i to grupper der de enten trente MST, eller kombinasjonen MST+EST. Forsøkspersonene hadde 1-2 uker med teknikktrening for å sikre et minimum forståelse av praktisk gjennomføring for øvelsen knebøy. Kriteriet for å bli ekskludert fra prosjektet var om man mistet mer enn 2 treninger under den 6 uker lange treningsintervensjonen. Lengden på treningsintervensjonen begrunnes med at mellom 4-8 uker med styrketrening er de nevralt adaptasjonene i de muskelgruppene som involveres størst, uten for mye hypertrofigevinst i form av økt kroppsvekt (Moritani & deVries, 1979; Sale, 1988; McBride et al. 2002; Helgerud et al. 2011). All styrketrening utenom intervensjonen for underkroppen ble utelukket.

Før hver trening gjennomførte forsøkspersonene en 10-15 minutters valgfri oppvarming. MST og MST+EST fulgte et 4 repetisjoner x 3 sett regime, slik at repetisjonsantallet ble likt for begge grupper. Dette ble gjort da det er vanskelig å sammenligne treningsvolum der to grupper trener to forskjellige metoder (Newton et al. 1999). MST-gruppen løftet 4RM x 3 sett, mens kombinasjonsgruppen løftet 4RM x 3 sett (MST) og 50 % av 1RM, 4 x 3 sett (EST). Et lavt repetisjonsantall har vist seg å være gunstig med tanke på maksimal styrke- og effekt fremgang med minimal økning i kroppsmasse (McBride et al. 2002; Helgerud et al. 2011). Resultater fra delstudien viste at maksimal mobilisering (definert som minimum 90 % av maksimal effekt eller hopp høyde) både i hopp og knebøyløft kun ble opprettholdt de første 5-6 repetisjonene. Dette står også i samsvar med Gandevia (2001) og Andersen & Aagaard, (2000), der det hevdes at maksimal mobilisering ikke er mulig å opprettholde etter 5-6 repetisjoner. Det vil si at 4 repetisjoner er et gunstig antall med tanke på opprettholdelse av maksimal mobilisering. Tre sett ble valgt på bakgrunn av resultater fra Schlumberger et al. (2001) og Paulsen et al. (2003) hvor det ble konkludert med at tre sett på underkropp er et

minimum for å få signifikant styrkefremgang hos utrente personer. Andre studier (Kraemer & Ratamess, 2004; Wolfe et al. 2004) viser liten til ingen forskjell mellom tre og ett sett.

Treningsfrekvensen ble satt til 3 dager i uka, som samsvarer med frekvensen i studien til Kraemer & Ratamess (2004), der det viser seg at 2-3 dager med styrketrening i uka er nok for en nybegynner. Pausene mellom settene varte mellom 3-5 minutter; dette er gunstig både med tanke på opprettholdelse av muskelspenning, og ATP/CrP-gjenoppretting (Kraemer & Ratamess, 2004; Robbins, 2005).

Når det gjelder utførelsen av knebøy skulle forsøkspersonene i begge grupper ha en rolig og kontrollert eksentrisk fase etterfulgt av en maksimal mobilisering i den konsentriske fasen. Den eksplosive styrketreningen skulle gjennomføres på en slik måte at man kom opp på tåballen i siste fase av løftet for å minimere mest mulig en muskulær oppbremsing i siste fase av løftet.

Statistisk analyse

Data ble testet for normalfordeling ved bruk av Quantile-Quantile (QQ) plots (SPSS, versjon 13.0, Statistical Package for Social Science, Chicago, USA) for variablene 1RM og CMJ. Materialet ble funnet å være normalfordelt. Dermed kunne deskriptiv statistikk med gjennomsnitt \pm standard avvik og hypotesetester som parrede og uparrede t-tester (tohaledede) bli brukt for å finne eventuelle signifikante forandringer fra pre- til posttest og relative forandringer mellom gruppene. I alle testene ble signifikansnivået satt til $p \leq 0.05$. Det ble også satt et trendnivå til $p \leq 0.07$. Statistiske beregninger ble foretatt i Microsoft Excel, versjon 2010 (Microsoft Corp., USA).

Resultater

Pre- og postresultatene for kroppsvekt, 1RM, effekt og vertikal hopphøyde (SJ, CMJ, CMJas) kan ses i tabell 4. Resultatene viser signifikant fremgang fra pre- til posttest for både 1RM, effekt og SJ og CMJ for begge grupper. Gruppen som trente både MST og EST var de eneste som signifikant økte CMJas. I sistnevnte hopptype (CMJas) fant man også signifikant forskjell mellom gruppene, der MST+EST viste en større forbedring enn MST. Det ble ikke funnet signifikant forskjell fra pre og post test i kroppsvekt i noen av gruppene.

Tabell 4. Styrke og spenst resultater

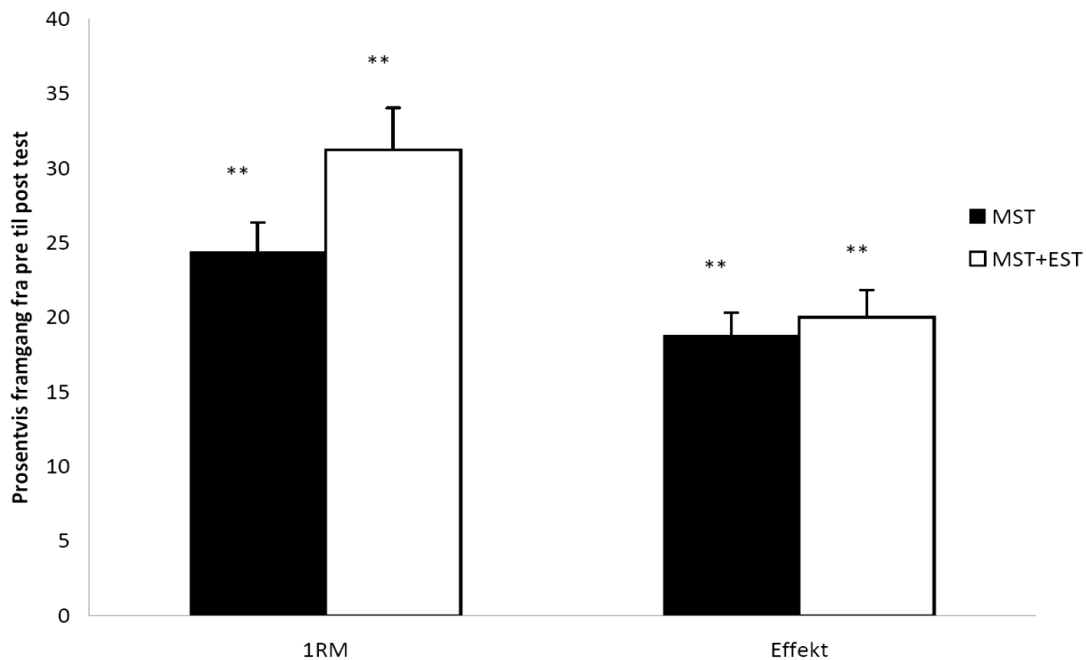
	MST (n=10)			MST+EST (n=17)		
	Pre	Post	Δ	Pre	Post	Δ
Kroppsvekt (kg)	73.9 ± 13.5	74.5 ± 14.6	0.6	73.5 ± 11.1	73.3 ± 10.9	- 0.2
1RM (kg)	124 ± 23.8	154.3 ± 31.3**	30.3	125.7 ± 42.6	165 ± 40.2**	39.3
Effekt (W)	1006.3 ± 325	1195.8 ± 358.4**	189.5	1179.2 ± 389.8	1415.2 ± 409**	236
SJ (cm)	28.7 ± 5.6	30.8 ± 5.5**	2.1	29.5 ± 7.5	32.8 ± 8.4**	3.3
CMJ (cm)	33.8 ± 6.7	35.5 ± 7.2*	1.7	33.1 ± 9.5	35.3 ± 8.8**	2.2
CMJas (cm)	41.1 ± 7	41.9 ± 9.6	0.8	37.7 ± 9.7	41.1 ± 11.1**#	3.4

Verdier er gjennomsnitt ± standard avvik. n = antall forsøkspersoner. MST = maksimal styrketrening. EST = eksplosiv styrketrening. Kroppsvekt målt i kilogram. 1RM, en repetisjon maksimum målt i kilogram. Effekt, arbeid pr tidsenhet målt i watt. SJ, Squat Jump målt i centimeter. CMJ, Counter movement jump målt i centimeter. CMJas, Counter movement jump with armsving målt i cm. *p < 0.05 signifikant forskjell fra pre- til posttest. **p < 0.01 signifikant forskjell fra pre- til posttest. #p < 0.05 signifikant forskjell fra MST.

Maksimal dynamisk styrke (1RM) og effekt

Maksimal styrke i knebøy økte signifikant ($p \leq 0.01$) for både MST (24.4 %) og MST+EST (31.3 %) etter den 6 uker lange treningsintervensjonen. Også effekt ($p \leq 0.01$) i knebøy økte med henholdsvis 18,8 % for MST og 20 % for MST+EST. Ingen signifikant forskjell ble funnet mellom gruppene i de nevnte variablene. Derimot ble det funnet en trend ($p \leq 0.07$) i fremgang der MST+EST viste en større forbedring i maksimal styrke enn MST.

Figur 1. Prosentvis framgang i styrke og effekt

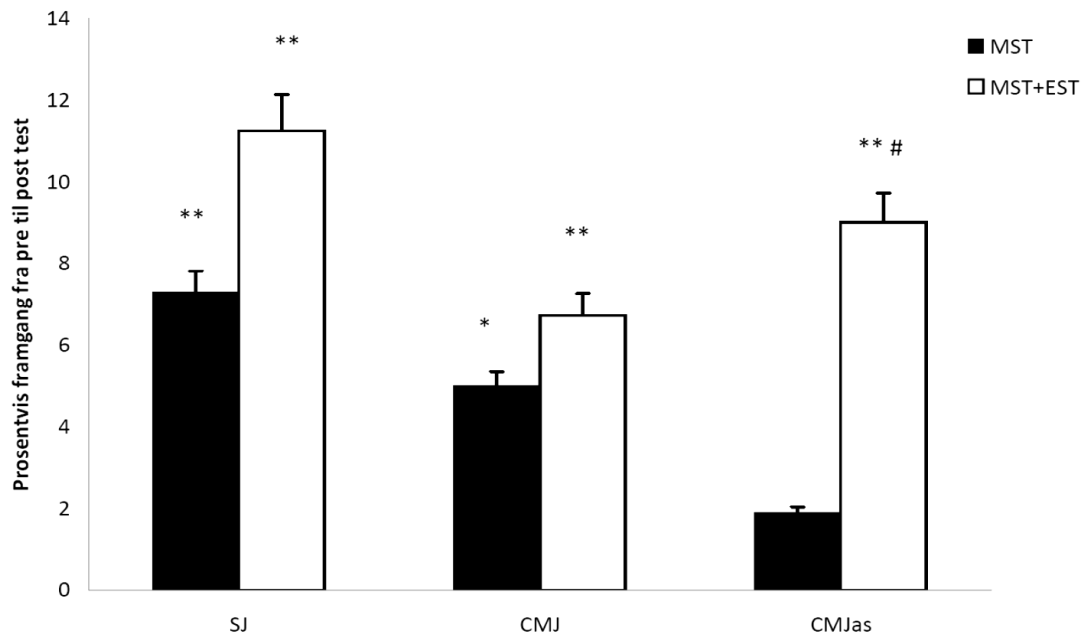


Figuren viser prosentvis endring i styrke og effekt fra pre- til posttest, samt standard avvik. MST (lukkede bars) = maksimal styrketrening. MST+EST (åpne bars) = kombinasjon av maksimal styrketrening og eksplosiv styrketrening. 1RM, en repetisjon maksimum. Effekt, power (arbeid pr tidsenhet). ** $p < 0.01$ signifikant forbedring fra pre- til posttest.

Vertikalt hopp

Hoppshøyden økte signifikant ($p \leq 0.01$) i SJ for både MST (7.3 %) og MST+EST (11.2 %). CMJ ble også forbedret hos både MST+EST ($p \leq 0.01$) og MST ($p \leq 0.05$) med henholdsvis 5 % for MST og 6.6 % for MST+EST. Siste hopptype, CMJas, økte signifikant ($p \leq 0.01$) bare hos MST+EST gruppen, med 9 %. Studien fant også at det var signifikant forskjell mellom gruppene i CMJas ($p \leq 0.05$).

Figur 2. Prosentvis framgang i vertikal spenst

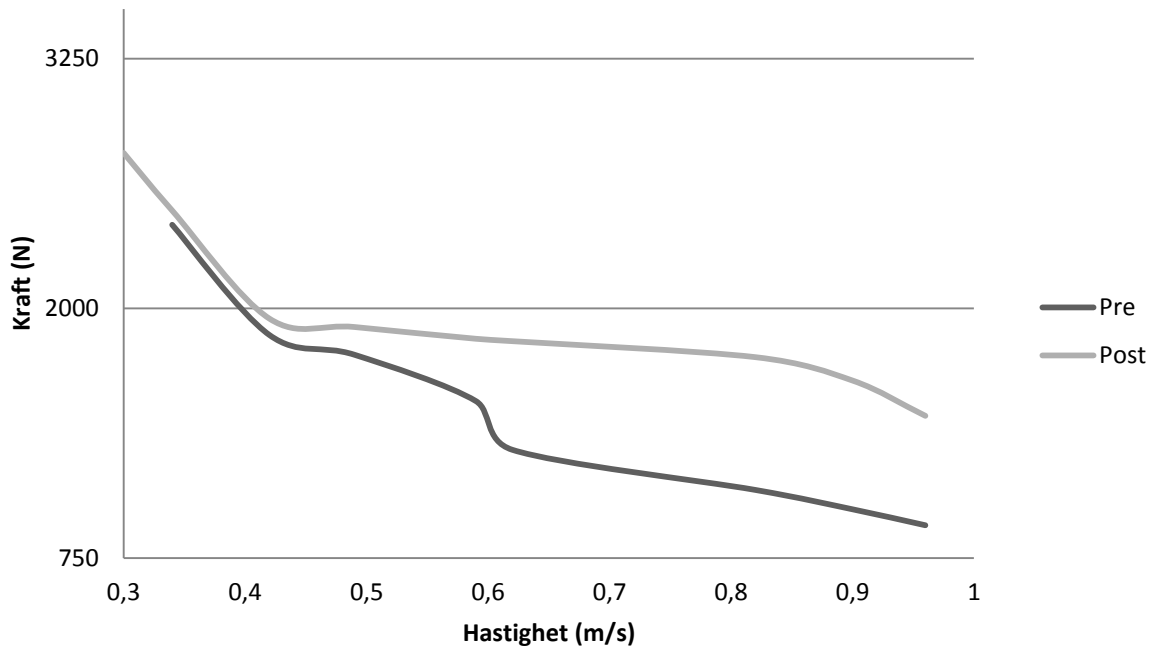


Figuren viser prosentvis endring i spenst fra pre- til posttest, samt standard avvik. MST(lukkede bars) = maksimal styrketrening. MST+EST (åpne bars) = kombinasjon av maksimal styrketrening og eksplosiv styrketrening. SJ = squat jump. CMJ = counter movement jump. CMJas = counter movement jump with armswing. * $p < 0.05$ signifikant forbedring fra pre- til posttest. ** $p < 0.01$ signifikant forbedring fra pre- til posttest. # $p < 0.05$ signifikant stor forbedring fra pre- til posttest enn MST.

Kraft-hastighetskurve

Banen til kraftkurven er basert på knebøyløft gjort med ulike vekt motstand (fra 40 til 230kg) hos utøvere fra begge grupper (MST, MST+EST) som var mulig å sammenligne, med tanke på antall kg løftet ($n = 12$). Gjennomsnittlig kraft og hastighet fra både pre-test og posttest er vist i figur 3. De 12 utøverne viste en signifikant fremgang fra pre- til posttest ($p \leq 0.01$) for alle kraftmålinger der hastigheten var høyere enn 0.5 m/s.

Figur 3. Fremgang i kraft-hastighetskurve fra pre- til posttest

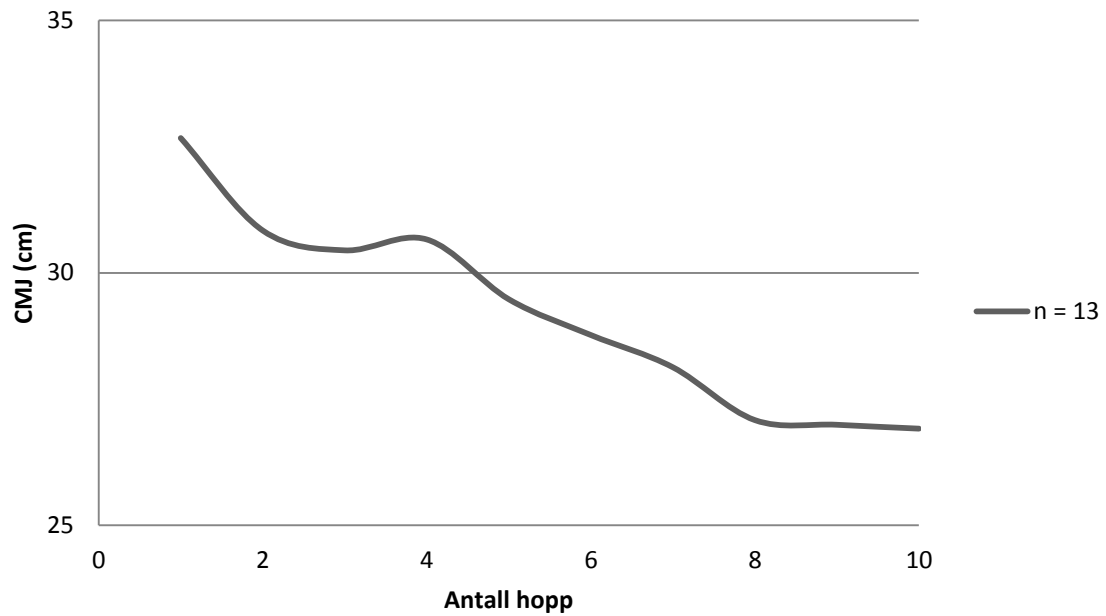


Figuren viser en endring i kraft i forhold til hastighet fra pre- til posttest. Kraft målt i newton. Hastighet målt i meter per sekund. ** $p < 0.01$ signifikant forbedring fra pre- til posttest

Nevromuskulær trøtthet - serie av hopp og knebøyløft (delstudien)

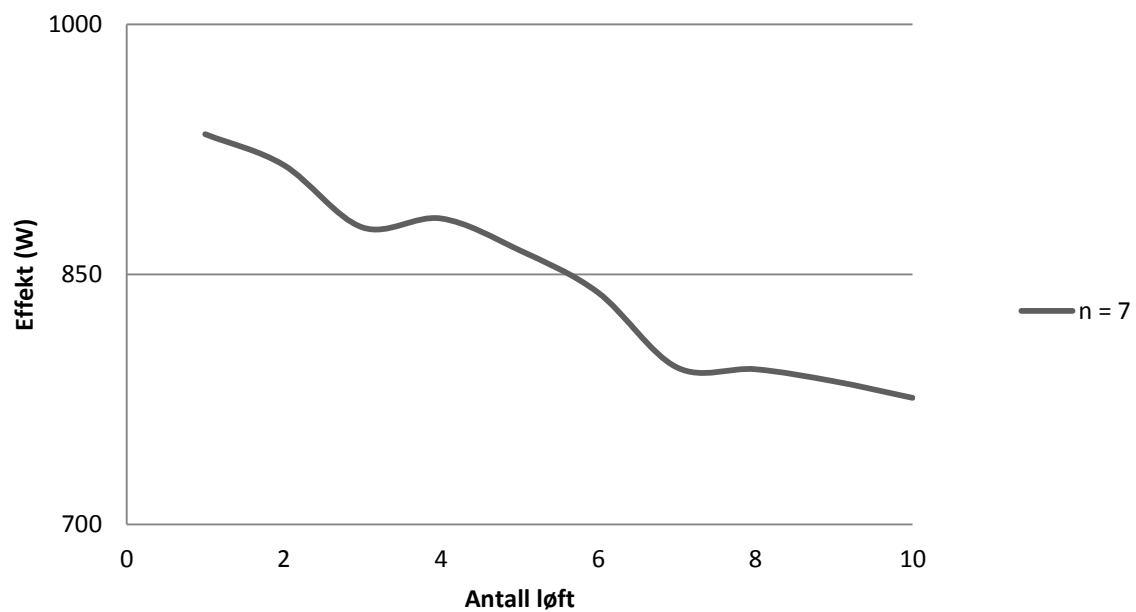
Nedgang i maksimal mobilisering, i form av enten centimeter eller effekt målt i watt, kan ses i figur 4 og 5. Droppunktet for hopp høyde (figur 4), basert på 10 % nedgang, kom ved ca. repetisjon 5 (4.85). For knebøyløft (figur 5) var droppunktet ved ca. 6 repetisjoner (5.86).

Figur 4. Serie av hopp



Figuren viser en nedgang i vertikal hopp høyde (cm) i løpet av 10 kontinuerlig hopp. n = antall forsøkspersoner. CMJ = countermovement jump.

Figur 5. Serie av løft i knebøy



Figuren viser en nedgang i effekt (W) i løpet av 10 kontinuerlig løft i knebøy. n = antall forsøkspersoner.

Diskusjon

Hovedfunnene i denne studien var at det var ingen signifikant forskjell i fremgang i 1RM, effekt, SJ og CMJ etter MST eller MST + EST. I CMJas var det signifikant større framgang i MST + EST enn i MST alene.

Maksimal styrke og effekt

Signifikant økning i maksimal styrke og effekt hos begge grupper samsvarer med utvalgte, sammenlignbare studier i tabell 5 (Newton et al. 1999; Harris et al. 2000; Chelly et al. 2009; Khlifa et al. 2010; Helgerud et al. 2011). Nevnte studier varierer økningen i maksimal styrke og effekt fra 9.8 til 51.7 % og 2.4 til 19.7 %. Studien min viste en fremgang på 24.4 % og 31.3 % i maksimal styrke for henholdsvis MST og MST+EST, men ingen signifikant forskjell ble vist mellom de to treningsgruppene. Formålet med den eksplosive styrketreningen er ikke å øke den maksimale styrken. Dette kan man tydelig se ut i fra tabell 5, der EST-studiene ikke har signifikante økninger i 1RM (Newton et al. 1999; Harris et al. 2000). En økning i styrke er ofte relatert til økning i muskeltverrsnitt, selv etter MST (Häkkinen et al. 1985b; Campos et al. 2002; Andersen et al. 2005). Begge mine grupper hadde uendret kroppsvekt fra pre- til posttest, hvilket kan tolkes som om styrkefremgangen i hvert fall ikke i stor grad skyldes hypertrofi. Dermed er det mulig at styrkefremgangen hovedsakelig skyldes nevralt adaptasjoner, hvilket vil være i samsvar med Häkkinen et al. (1985a,b). Imidlertid hadde ikke min studie målinger av fettmasse og/eller muskelmasse. En selektiv hypertrofisk gevinst kan dermed ha funnet sted, som vist i Staron et al. (1991;1994). En uendret kroppsmasse sammen med en økning i styrke, som følge av hypertrofi eller ikke, er uansett positivt med tanke på Newtons 2.lov ($K = m \cdot a$), noe som igjen kan forklare litt av økningene i de resterende verdiene, og ikke minst forbedringene i hopp høyde. Signifikant forskjell mellom gruppene i 1RM ble ikke funnet, men derimot en trend ($p \leq 0.07$). Dette kan skyldes rett og slett at kombinasjonsgruppen fikk 50 % mer trening, belastningsmessig. For Rhea et al. (2003) viser at fire sett er det mest optimale, og ikke tre som ble brukt i studien min. Dermed har kombinasjonsgruppen hatt et mer optimalt treningsprogram med tanke på sett enn det MST-gruppen har hatt.

I Harris et al. (2000) sin studie, som er den eneste sammenlignbare studie treningsmetodemessig, er fremgangen 11.6 % i 1RM. Dette er en mye lavere fremgang enn

hva mine utøvere hadde. Ser man derimot på testmetoden, testet Harris et al. (2000) sine utøvere i dype knebøy og ikke 90° knebøy som mine utøvere utførte. Pre-test for Harris et al. (2000) i 1RM knebøy varierer fra 132 til 146kg. Ut i fra egen erfaring vil jeg anta at man kan legge på ca. 30-40 kg ekstra hvis disse utøverne hadde testet 90° knebøy. Dette er selvsagt bare spekulasjoner, men ut i fra disse spekulasjonene kan det tyde på at det er nivåforskjeller innen 1RM knebøy og derfor er fremgangen mindre for Harris et al. (2000) sine utøvere da disse var sterkere i utgangspunktet. I følge Kraemer et al. (2002) har eliteutøvere som regel en mindre fremgang innen styrke enn hva utrente har.

Effektfremgangen i min studie var på henholdsvis 18.8 % og 20 % for MST og MST+EST. Denne fremgangen samsvarer med studien til Newton et al (1999) hvor det ble rapportert en framgang på 19.7 %. Dette er nok trolig på grunn av at testmetoden er relativt lik min egen. Harris et al. (2000), derimot, rapporterte en fremgang i effekt på 2.4 - 2.6 %. Dette skyldes nok ulik testmetode der Harris et al. (2000) målte effekt i CMJ og ikke knebøyløft. Det kan også skyldes nivåforskjeller siden gruppen til Harris et al. (2000) viste høyere verdier under pre-test i CMJas og til dels i 1RM enn hva mine utøvere hadde. Testmetoden for effekt er ikke sammenlignbar, men korrelasjonen mellom hopp høyde, styrke og effekt er sterk og derfor kan man antyde en nivåforskjell også innen effekt med bakgrunn i pre-testforskjellene i hopp høyde og 1RM (Driss et al. 1998; Wisløff et al. 2004).

Vertikal spenst

Signifikant økning i alle hopptyper hos begge grupper samsvarer med et stort antall tidligere studier (Newton et al. 1999; Harris et al. 2000; Chelly et al. 2009; Khlifa et al. 2010; Helgerud et al. 2011). Det ble funnet en signifikant forskjell i fremgang innen hopptypen CMJas mellom MST og MST + EST i min studie. Sammenligning med utvalgte studier og mine funn kan ses i tabell 5. Harris et al. (2000), som er den eneste sammenlignbare studien hvis man skal forholde seg til likhet angående treningsmetoder (MST+EST), har dårligere fremgang enn det mine utøvere hadde (2.9 % vs. 9 %). Dette har trolig med nivå, og at de i utgangspunktet allerede var styrketrente, å gjøre. Utøverne i Harris et al (2000) startet på 62 cm pre-test, og utøverne i min studie startet på henholdsvis 38 cm (MST+EST) og 41 cm (MST) pre-test. Det er tidligere vist at eliteutøvere vil ha en relativt lavere fremgang enn utrente etter en slik treningsintervensjon (Kraemer et al. 2002).

Tidlig i denne oppgaven argumenterte jeg for å ekskludere PLT for mine volleyballspillere. Ser man nederst i tabell 5 kan man sammenligne fremgangen i vertikal spenst med min studie og Balabinis et al. (2003) og Izquierdo et al. (2006) sine studier. Her er fremgangen relativt lik, men de små forskjellene som er blant styrke- og effektmålingene kan skyldes lengde på studien, arbeidsvei i knebøy (dype vs. 90°), flere utøvere og muligens nivå innen maksimal styrke (1RM). Uansett kan det tyde på at PLT ikke er nødvendig hvis idretten, ballspill som oftest, inneholder hopp, spurt etc. For å ha støttet opp under denne hypotesen burde denne studien ha hatt en gruppe som faktisk trente MST+EST+PLT.

Spesifisitetsprinsippet – bevegelseshastighet

I følge Morrissey et al. (1995) har man størst fremgang på den hastigheten man faktisk trener på. Dette står i motsetning til Behm & Sale (1993b) som indikerer at intensjonen om å løfte hurtigst mulig (maks mobilisering) er viktigst uavhengig av belastning. Sammenlignes MST- og EST-studiene i tabell 5 kan man klart se en forskjell i fremgang i de ulike hopptypene. MST-studiene har en prosentvis lavere fremgang i CMJ enn i SJ, inkludert resultatene fra min studie. EST-studiene har en større prosentvis fremgang CMJ enn i SJ. Dette KAN være på grunn av spesifisitetsprinsippet innen bevegelseshastighet. Uansett er det ingen signifikant forskjell mellom disse to variablene hos begge grupper i min studie. Forskjellen finner man ved CMJas, der MST+EST har en større fremgang enn MST-gruppen. Dette samsvarer dermed med Morrissey et al. (1995) sin review om spesifisitetsprinsippet angående bevegelseshastighet. På den annen side viser 1RM-verdiene en trend ($p \leq 0.07$), der MST+EST har en større fremgang enn MST-gruppen. 1RM-verdiene vil da på sin side indikere at intensjonen om å løfte hurtigst mulig er viktigst uavhengig belastning (Behm & Sale, 1993b). Den fraværende forskjellen i effektfremgang mellom gruppene støtter også teorien til Behm & Sale, der intensjonen om å løfte hurtig er viktigst. Det kan derfor se ut til at det er kvaliteten på trening, i form av maksimal mobilisering, som er viktigst fremfor selve treningsmetoden, i form av belastning eller hastighet (Behm & Sale, 1993b; Morrissey et al. 1995). Dette bildet blir muligens noe annerledes for spesielt godt trente utøvere. I studien til Harris et al. (2000) fikk den gruppen som trente EST, størst fremgang innen høy-hastighetsbevegelser (effekt, CMJas), og MST fikk størst fremgang innen høy-kraftbevegelser (1RM). Kombinasjonsgruppen, ikke overraskende, hadde fremgang innen et bredere spekter sett ut i fra kraft-hastighetskurven (Harris et al. 2000). Denne forskjellen i fremgang, der spesifisitetsprinsippet gjaldt i en større grad for Harris et al. (2000), vil jeg tro har å gjøre med

hvilket nivå utøverne mine er på og hvilket nivå Harris et al. (2000) sine utøvere var på. Det kan derfor tyde på at spesifisitetssprinsippet gjelder i en større grad for trente utøvere enn for utrente. Dette samsvarer igjen med studien til Kraemer & Ratamess (2004), der trente trenger mer spesifikk trening enn utrente.

Tabell 5. En oversikt over et utvalg av tidligere treningsintervensjoner sammenlignet med foreliggende studie og påvirkningen på maksimal styrke, effekt og vertikal spenst.

Studie	Treningsmetode	Idrett/Aktivitet	Nivå	Uker/Økter pr uke	SJ	CMJ	CMJ-as	Effekt	1RM
Chelly et al. 2009	MST	Fotball	Junior	8/2	10 %	I.S.	-	I.S.	35.2 %
Harris et al. 2000	MST	Am.fotball	Studenter, styrketrente	9/4	-	-	I.S.	I.S.	9.8 %
Helgerud et al. 2011	MST	Fotball	Nasjonal	8/2	-	5.2 %	-	-	51.7 %
Solstad, 2012	MST	Volleyball	Regional/Lokal	6/3	7.3 %	5 %	I.S.	18.8 %	24.4 %
Harris et al. 2000	EST	Am.fotball	Studenter, styrketrente	9/4	-	-	3.9 %	2.4 % #	I.S.
Newton et al. 1999	EST	Volleyball	Nasjonal	8/4 (2)*	-	-	5.9 %	19.7 %	I.S.
Khelifa et al. 2010	EST	Basketball	Nasjonal	10/2-3	9.9 %	12.2 %	-	-	-
Harris et al. 2000	MST+EST	Am.fotball	Studenter, styrketrente	9/4	-	-	2.9 %	2.6 % #	11.6 %
Solstad, 2012	MST+EST	Volleyball	Regional /Lokal	6/3	11.2 %	6.6 %	9 %	20 %	31.3 %
Balabinis et al. 2003	PLT+EST+MST	Basketball	Lokal	7/4	-	-	9.5 %	2.9 % §	16.1 %
Izquierdo et al. 2006	PLT+EST+MST	Basque §§	Nasjonal	16/2	-	-	9.8 %	29 %	23 %

PLT = plyometrisk trening. MST = maksimal styrketrening. EST = eksplosiv styrketrening. I.S. = ikke signifikant. *4 økter i uka, der 2 av de var for ben. #Målt ved hopp. §Målt ved maksimal sykkeltest. §§Type squash.

Nevromuskulær trøtthet (delstudien)

Trøtthet i muskel kan defineres som en reduksjon i muskelens evne til å utvikle kraft eller effekt i et bevegelsesmønster, uavhengig om bevegelsesmønsteret kan opprettholdes eller ikke. I delstudien fant jeg en nedgang (10 %) i effekt og hopp høyde i henholdsvis sjette og

femte repetisjon. Trøtthet i muskel kan bl.a. skyldes enten sentrale eller perifere nevro-muskulære forhold. Sentrale faktorer kan i følge Gandevia (2001) gi seg utslag i en nedgang i sending av impulser fra ryggmargen til motoriske enheter. Det er imidlertid usikkerhet om det er rekrutteringen eller fyringen av de motoriske enhetene som hemmes når det er snakk om de sentrale faktorene (Stephens & Taylor, 1972; Bigland-Ritchie et al. 1983). Denne sentrale hemmingen er faktisk til for å beskytte muskelen mot bl.a. en videre og større perifer trøtthet, i form av H⁺-opphopning, som vil føre til en lengre restitusjonstid (Kent-Braun, 1999; Gandevia, 2001), og mer generelt også mot en for stor strukturell ødeleggelse av muskelen (Gandevia, 2001). Siden testen min varte i cirka 10 sekunder kan man ekskludere en H⁺-opphopning, siden dette først gjør seg gjeldende fra cirka 15 sekunder ved maks intensitet (Kent-Braun, 1999).

Uansett stemmer mine funn godt overens med Gandevia (2001) og Andersen & Aagaard (2000) når det gjelder repetisjonsantall og evne til å opprettholde maksimal mobilisering. Dette kan tyde på at valg av repetisjonsantall i hovedstudien var riktig.

Styrker og svakheter

Gruppene jeg hadde i hovedstudien, som var på henholdsvis 10 (MST) og 17 (MST+EST) forsøkspersoner, er forholdsvis liten. Av denne gruppen fikk jeg signifikante resultater, noe som er en styrke. Det vil si at dette resultatet har en betydning, praktisk sett, i en idrettslig sammenheng. På den annen side vil få forsøkspersoner gi en eventuell kamuflering av forskjeller som muligens kunne vært signifikante dersom gruppene var større. Ser man på 1RM-resultatene mellom gruppene ser man en trendforskjell der MST+EST har en større prosentvis fremgang. Flere forsøkspersoner kunne potensielt ha fått denne trenden over til signifikant forskjell.

Delintervensjonen som ble gjort er en stor styrke ved at man kvalitetssikrer valget av repetisjonsantallet hos begge grupper. En liten svakhet ved denne testen er at det er vanskelig å si helt sikkert om utøverne presset seg maksimalt og om de løftet på riktig prosent av 1RM. I ettertid burde man kanskje hatt en 1RM-test for å kartlegge hva belastningen skulle være i 75 % av 1RM, og i tillegg en makstest i wattproduksjon som jeg hadde i hopphøyde. Da kunne man sett på hvilket nivå utøverne skulle ligget på de første repetisjonene.

Bruk av kraftplattform, som ofte omtales som gullstandarden innen vertikal spensttesting, viser seg å gi meget nøyaktige resultater fremfor for eksempel Abalakow og lysrør, der sistnevnte måler svevtid (Garcia-Lopez et al. 2005; Refsnes i Raastad et al 2010). En sammenligning mellom kraftplattform og lysrør viste at lysrør overestimerte den vertikale spensten med 1.8 % (Garcia-Lopez et al. 2005), noe som gjør kraftplattformen mer valid.

En siste svakhet er mangelen på en gruppe som bare trente EST og/eller PLT. Dette hadde vært gunstig med tanke på å se forskjellen mellom EST og MST og se hvor disse treningsmetodene har sin virkning, spesielt på kraft-hastighetskurven. Dessuten hadde jeg hatt et større grunnlag for å diskutere om spesifisitetsprinsippet innen løftehastighet har noe å si på de ulike målte variablene. Grunnen til at en PLT-gruppe burde ha vært med, er for å se om ekstra PLT er nødvendig når idretten (her: volleyball) inneholder plyometriske bevegelser.

Praktiske implikasjoner

For et volleyballag og dets trener er denne studien et sterkt argument for at man burde bedrive styrketrening før sesongstart for å bedre hopp høyden til spillerne. Med tanke på at kravet til spenst (CMJas) hos eliteutøvere er 57cm (kvinner) og 61cm (menn), har gruppene mine et stort potensial for å øke den vertikale spensten. 6 ukers kombinasjonstrening 3 ganger i uka med MST+EST ser også ut til å ha hatt en større prosentvis forbedring på CMJas enn hva MST trent alene hadde (1.9 % vs. 9 %). 9 % fremgang på 18 økter gir hele 0.5 % fremgang per økt i CMJas, og det er mye. Fremgangen i CMJas vil påvirke på blokkhopp og angrepsslag (spike jump), noe som er sentralt for å vinne kamper med tanke på at 80 % av alle poeng vunnet i en volleyballkamp kommer fra enten blokk eller angrepsslag (Voigt, 2000 i Voight & Vetter, 2003). En økning i styrke og effekt uten en økning i kroppsvekt vil ikke bare være gunstig for hopp høyden vår, men også andre bevegelser som krever hurtig kraftutvikling som bl.a. forflytning på banen.

Erfaringsmessig har jeg møtt mange trenere innen ulike idretter som er skeptisk til styrketrening på grunn av skaderelaterte historier. Styrketrening, hvis utført riktig, viser ingen forskjell i skaderisiko sammenlignet med andre idretter (Calhoon & Fry, 1999). Andre studier viser derimot at skader oppstår hyppigere i andre idretter enn innenfor styrketrening (Hamill, 1994 i Hedrick & Wada, 2008). Enkelte mener også at maskiner med en låst bevegelsesbane er å foretrekke fremfor frivekter når det er snakk om skaderisiko (Stone et al. 2000). Det finnes imidlertid ingen studier som støtter opp under dette (Requa et al. 1993). Derimot mener

Stone og medforfattere at de erfaringsmessig har opplevd flere som har skadet seg ved bruk av maskiner enn ved frivekter (Stone et al. 2000). Ingen ble skadet i min studie der både frivekter (knebøy) og styrketrening ble gjennomført. Jeg kan derfor anbefale styrketrening på det sterkeste så sant en person med kunnskap innen styrketrening overvåker selve treningen.

Ved valg av styrketrening viser delstudien min at et repetisjonsantall over 6 ikke er gunstig med tanke på at maks mobilisering trolig ikke kan opprettholdes utover seks repetisjoner. Dette vil trolig gjelde for både MST, EST og PLT. Et høyere repetisjonsantall vil heller være mer gunstig for HT for å stimulere frem et metabolsk stress, da dette ser ut til å være en viktig faktor for å få en muskulær adaptasjon, bl.a. økt muskeltverrsnitt (Andersen & Aagaard, 2000; Campos et al. 2002; Takarada et al. 2002; Åstrand et al. 2003; Kraemer & Ratamess, 2004; Rønnestad et al. 2010). Økt muskeltverrsnitt vil også være med på å øke kraftutviklingen, og etter all sannsynlighet, vertikal spenst (Narici et al. 1996; Campos et al. 2002; Andersen et al. 2005).

Konklusjon

Etter en seks uker lang styrketreningsintervensjon for volleyballutøvere fra ulike divisjoner fikk samtlige av utøverne signifikant fremgang innen 1RM, effekt, SJ og CMJ etter trening av enten MST eller MST + EST. CMJas viste en signifikant større fremgang i MST + EST enn MST utført alene.

Delstudien viste at maksimal mobilisering kan opprettholdes i cirka fem repetisjoner, og ut i fra dette var valget av antall repetisjoner innen MST og EST riktig.

Litteraturliste

1. **Aagaard P**, Andersen JL, Leffers AM, Wagner Å, Magnusson SP, Halkjær-Kristensen J, Dyhre-Poulsen P, Simonsen EB. A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. *J Physiol* 534: 613-623, 2001.
2. **Aagaard P**, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol* 93: 1318-1326, 2002.
3. **Abe T**, Fukashiro S, Harada Y, Kawamoto K. Relationship between sprint performance and muscle fascicle length in female sprinters. *J Physiol Anthropol Appl Hum Sci* 20: 141-147, 2001.
4. **Abe T**, Kumagai K, Brechue WF. Fascicle length of leg muscles is greater in sprinters than distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 32: 1125-1129, 2000.
5. **Alegre LM**, Fernando J, Gonzalo-Orden JM, Martin-Acero R, Aguado X. Effects of dynamic resistance training on fascicle length and isometric strength. *J Sports Sci* 24: 501-508, 2006.
6. **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* 151: 135-142, 1994.
7. **Andersen JL**, Aagaard P. Myosin heavy chain IIX overshoot in human skeletal muscle. *Muscle Nerve* 23: 1095-1104, 2000.
8. **Andersen LL**, Tufekovic G, Zebis MK, Crameri RM, Verlaan G, Kjær M, Suetta C, Magnusson P, Aagaard P. The effect of resistance training combined with timed ingestion of protein on muscle fiber size and muscle strength. *Metabolism* 54: 151-156, 2005.
9. **Baker D**. Improving vertical jump performance through general, special and specific strength training: A brief review. *J Strength Cond Res* 10: 131-136, 1996.
10. **Balabinis CP**, Psarakis CH, Moukas M, Vassiliou MP, Behrakis PK. Early phase changes by concurrent endurance and strength training. *J Strength Cond Res* 17(2): 393-401, 2003.
11. **Barany M**. ATPase activity of myosin correlated with speed of muscle shortening. *J Gen Physiol* 50: 197-216, 1967.

12. **Baratta R**, Solomonow M, Zhou BH, Letson D, Chuinard R, D'Ambrosia R. Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *Am J Sports Med* 16: 113-122, 1988.
13. **Bawa P**, Lemon RN. Recruitment of motor units in response to transcranial magnetic stimulation in man. *J Physiol* 471: 445-464, 1993.
14. **Behm DG**, Sale DG. Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *J Appl Physiol* 74: 359-368, 1993a.
15. **Behm DG**, Sale DG. Velocity specificity of resistance training. *Sports Med* 15: 374-388, 1993b.
16. **Bigland-Ritchie B**, Johansson RS, Lippold OCJ, Smith S, Woods JJ. Changes in motoneurone firing rates during sustained maximal voluntary contractions. *J Physiol* 340: 335-346, 1983.
17. **Blazevich AJ**. Effects of physical training and detraining, immobilisation, growth and aging on human fascicle geometry. *Sports Med* 36(12): 1003-1017, 2006.
18. **Blazevich AJ**, Cannavan D, Horne S, Coleman DR, Aagaard P. Changes in muscle force-length properties affect the early rise of force in vivo. *Muscle Nerve* 39: 512-520, 2009.
19. **Blazevich AJ**, Gill ND, Bronks R, Newton RU. Training-specific muscle architecture adaptation after 5-wk training in athletes. *Med Sci Sports Exerc* 35: 2013-2022, 2003.
20. **Blazevich AJ**, Jenkins D. Physical performance differences between weight-trained sprinters and weight trainers. *J Sci Med Sport* 1(1): 12-21, 1997.
21. **Blazevich AJ**, Jenkins DG. Effect of the velocity of resistance training exercises on sprint and strength performance in concurrently training, elite junior sprinters. *J Sports Sci* 20: 981-990, 2002.
22. **Billeter R**, Hoppeler H. Muscular basis of strength. I: Komi PV. *Strength and power in sport*, 2nd edition. Oxford: Blackwell Scientific Publishing, s.50-72, 2003.
23. **Bobbert MF**, Casius LJ. Is the effect of a countermovement on jump height due to active state development? *Med Sci Sports Exerc* 37: 440-446, 2005.
24. **Bobbert MF**, Gerritsen KGM, Litjens MCA, Van Soest AJ. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Med Sci Sports Exerc* 28: 1402-1412, 1996.
25. **Bobbert MF**, Van Soest AJ. Effects of muscle strengthening on vertical jump height: A simulation study. *Med Sci Sports Exerc* 26: 1012-1020, 1994.

26. **Borràs X**, Balius X, Drobnic F, Galilea P. Vertical jump assessment on volleyball: A follow-up of three seasons of a high-level volleyball team. *J Strength Cond Res* 25(6): 1686-1694, 2011.
27. **Bosco C**. *Strength assessment with the Bosco's test*. Rome: Italian Society of Sport Science, 4.7: 80-91, 1999.
28. **Bosco C**, Komi PV. Potentiation of the mechanical behavior of the human skeletal muscle through prestretching. *Acta Physiol Scand* 106: 467-472, 1979.
29. **Calhoon G**, Fry AC. Injury rates and profiles of elite competitive weightlifters. *J Athl Train* 34(3): 232-238, 1999.
30. **Campo SS**, Vaeyens R, Philippaerts RM, Redondo JC, de Benito AM, Cuadrado G. Effects of lower-limb plyometric training on body composition, explosive strength, and kicking speed in female soccer players. *J Strength Cond Res* 23(6): 1714-1722, 2009.
31. **Campos GER**, Luecke TJ, Wendeln HK, Toma K, Hagerman FC, Murray TF, Ragg KE, Ratamess NA, Kraemer WJ, and Staron RS. Muscular adaptation in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol* 88: 50-60, 2002.
32. **Carolán B**, Cafarelli E. Adaptations in coactivation after isometric resistance training. *J Appl Physiol* 73: 911-917, 1992.
33. **Cavagna GA**, Dusman B, and Margaria R. Positive work done by a previously stretched muscle. *J Appl Physiol* 24: 21-32, 1968.
34. **Chelly MS**, Fathloun M, Cherif N, Ben Amar M, Tabka Z, Van Praagh E. Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *J Strength Cond Res* 23: 2241-2249, 2009.
35. **Chelly MS**, Ghenem MA, Abid K, Hermassi S, Tabka Z, Shephard RJ. Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. *J Strength Cond Res* 24: 2670-2676, 2010.
36. **Chilibeck PD**, Calder AW, Sale DG, Webber CE. A comparison of strength and muscle mass increases during resistance training in young women. *Eur J Appl Physiol* 77: 170-175, 1998.
37. **Chimera NJ**, Swanik KA, Swanik CB, Straub SJ. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. *J Athl Train* 39: 24-31, 2004.

38. **Close R.** Dynamic properties of mammalian skeletal muscles. *Physiol Rev* 52: 129-197, 1972.
39. **Clutch D,** Wilton M, McGown C, Bryce GR. The effect of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump. *Res Q Exerc Sport* 54: 5-10, 1983.
40. **Cormie P,** McGuigan MR, Newton RU. Influence of strength on magnitude and mechanisms of adaptation to power training. *Med Sci Sports Exerc* 42(8): 1566-1581, 2010.
41. **Costill DL,** Daniels J, Evans W, Fink W, Krahenbuhl G, Saltin B. Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes. *J Appl Physiol* 40: 149-154, 1976.
42. **Cronin JB,** Hansen KT. Strength and power predictors of sport speed. *J Strength Cond Res* 19(2): 349-357, 2005.
43. **Dahl HA,** Rinvik E. *Menneskets funksjonelle anatomi*. Oslo: Cappelen akademisk forlag, 9: 249-288, 2007.
44. **Dapena J.** The High Jump. I: Zatsiorsky VM. *Biomechanics in sport – performance enhancement and injury prevention*. Oxford: Blackwell Science Ltd, s.284-311, 2000.
45. **Driss T,** Vandewalle H, Monod H. Maximal power and force-velocity relationships during cycling and cranking exercises in volleyball players. *J Sports Med Phys Fitness* 38: 286-293. 1998.
46. **Earp JE,** Kraemer WJ, Cormie P, Volek JS, Maresh CM, Joseph M, Newton RU. Influence of muscle-tendon unit structure on rate of force development during the squat, countermovement, and drop jumps. *J Strength Cond Res* 25(2): 340-347, 2011.
47. **Edman KAP.** Contractile performance of skeletal muscle fibres. I: Komi PV. *Strength and power in sport*, 2nd edition. Oxford: Blackwell Scientific Publishing, s.114-133, 2003.
48. **Faulkner JA,** Clafin DR, McKully KK, Jones DA. Contractile properties of bundles of fibre segments from skeletal muscles. *Am J Physiol* 243: C66-C73, 1982.
49. **Ferris DP,** Signorile JF, Caruso JF. The relationship between physical and physiological variables and volleyball spiking velocity. *J Strength Cond Res* 9(1): 32-36, 1995.
50. **Fitts RH,** Widrick JJ. Muscle mechanics: adaptations with exercise-training. *Exerc Sport Sci Rev* 24: 427-473, 1996.
51. **Fleck SJ,** Case S, Puhl J, Van Handle P. Physical and physiological characteristics of elite woman volleyball players. *Can J Appl Sports Sci* 10(3): 122-126, 1985.

52. **Fontani G**, Ciccarone G, Giuliannini R. Nuove regole di gioco ed impegno fisico nella pallavolo. *SDS-Riv Cult Sportiv*, 50: 14-20, 2005, I: Borràs X, Badius X, Drobnic F, Galilea P. Vertical jump assessment on volleyball: A follow-up of three seasons of a high-level volleyball team. *J Strength Cond Res* 25(6): 1686-1694, 2011.
53. **Forthomme B**, Croisier JL, Ciccarone G, Crielaard JM, Cloes M. Factors correlated with volleyball spike velocity. *Am J Sports Med* 33(10): 1513-1519, 2005.
54. **Friedmann B**, Kinscherf R, Vorwald S, Müller H, Kucera K, Borisch S, Richter G, Bärtsch P, Billeter R. Muscular adaptations to computer-guided strength training with eccentric overload. *Acta Physiol Scand* 182: 77-88, 2004.
55. **Fukashiro S**, Komi PV. Joint moment and mechanical power flow of the lower limb during vertical jump. *Int J Sports Med* 8: 15-21, 1987.
56. **Gabbett T**, Georgieff B. Physiological and anthropometric characteristics of Australian junior national, state and novice volleyball players. *J Strength Cond Res* 21(3): 902-908, 2007.
57. **Gandevia SC**. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev* 81: 1725-1789, 2001.
58. **Gans C**. Fiber architecture and muscle function. *Exerc Sport Sci Rev* 10: 160-207, 1982.
59. **García-López J**, Peleteiro J, Rodríguez-Marroyo JA, Morante JC, Herrero JA, Villa JG. The validation of a new method that measures contact and flight times during vertical jump. *Int J Sports Med* 26: 294-302, 2005.
60. **Garhammer J**, Takano B. Training for weightlifting. I: Komi PV. *Strength and power in sport*, 2nd edition. Oxford: Blackwell Scientific Publishing, s.502-515, 2003.
61. **Gollnick PD**, Armstrong RB, Saubert IV CW, Piehl K, Saltin B. Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. *J Appl Physiol* 33: 312-319, 1972.
62. **Hahn D**, Olvermann M, Richtberg J, Seiberl W, Schwirtz A. Knee and ankle joint torque-angle relationships of multi-joint leg extension. *J Biomech* 28; 44(11): 2059-2065, 2011.
63. **Häkkinen K**, Alén M, Komi PV. Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during training and detraining. *Acta Physiol Scand* 125: 573-585, 1985b.
64. **Häkkinen K**, Häkkinen A. Muscle cross-sectional area, force production and relaxation characteristics in women at different ages. *Eur J Appl Physiol* 62: 410-414, 1991.

65. **Häkkinen K**, Komi PV, Alén M. Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiol Scand* 125: 587-600, 1985a.
66. **Häkkinen K**, Komi PV, Alén M, Kauhanen H. EMG, muscle fibre and force production characteristics during a 1 year training period in elite weight-lifters. *Eur J Appl Physiol* 56: 419-427, 1987.
67. **Hamill BP**. Relative safety of weightlifting and weight training. *J Strength Cond Res* 8: 53-57, 1994 I: Hedrick A, Wada H. Weightlifting movements: Do the benefits outweigh the risks? *Strength Cond J* 6: 26-34, 2008.
68. **Harris GR**, Stone MH, O'Bryant HS, Proulx CM, Johnson RL. Short term performance effects of high speed, high force or combined weight training. *J Strength Cond Res* 14: 14-20, 2000.
69. **Helgerud J**, Rodas G, Kemi OJ, Hoff J. Strength and endurance in elite football players. *Int J Sports Med* 32(9): 677-682, 2011.
70. **Hoff J**, Helgerud J. Endurance and strength training for soccer players – physiological considerations. *Sports Med* 34(3): 165-180, 2004.
71. **Hoff J**, Kemi OJ, Helgerud J. Strength and endurance differences between elite and junior elite ice hockey players. The importance of allometric scaling. *Int J Sports Med* 26(7): 537-541, 2005.
72. **Hubley CL**, Wells RP. A work-energy approach to determine individual joint contributions to vertical jump performance. *Eur J Appl Physiol* 50, 247-254, 1983.
73. **Hunter JP**, Marshall RN. Effects of power and flexibility training on vertical jump technique. *Med Sci Sports Exerc* 34: 478-486, 2002.
74. **Izquierdo M**, Ibañez J, Gonzalez-Badillo JJ, Häkkinen K, Ratamess NA, Kraemer WJ, French DJ, Eslava J, Altadill A, Asiain X, Gorostiaga EM. Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength and muscle power gains. *J Appl Physiol* 100: 1647-1656, 2006.
75. **Jones K**, Bishop P, Hunter G, Fleisig G. The effects of varying resistance-training loads on intermediate- and high-velocity-specific adaptations. *J Strength Cond Res* 15: 349-356, 2001.
76. **Kamen G**, Knight CA. Training-related adaptations in motor unit discharge rate in young and older adults. *J Gerontol* 59: 1334-1338, 2004.

77. **Kanehisa H**, Miyashita M. Specificity of velocity in strength training. *Eur J Appl Physiol* 52: 104-106, 1983.
78. **Kawakami Y**, Abe T, Fukunaga T. Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. *J Appl Physiol* 74: 2740-2744, 1993.
79. **Kent-Braun JA**. Central and peripheral contributions to muscle fatigue in humans during sustained maximal effort. *Eur J Appl Physiol* 80: 57-63, 1999.
80. **Khelifa R**, Aouadi R, Hermassi S, Chelly MS, Jlid MC, Hbacha H, Castagna C. Effects of a plyometric training program with and without added load on jumping ability in basketball players. *J Strength Cond Res* 24(11): 2955-2961, 2010.
81. **Komi PV**. Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic and mechanical factors. *Int J Sports Med* 7: 10-15, 1986.
82. **Komi PV**. Stretch-shortening cycle. I: Komi PV. *Strength and power in sport*, 2nd edition. Oxford: Blackwell Scientific Publishing, s.184-202, 2003.
83. **Kotzamanidis C**, Chatzopoulos D, Michailidis C, Papaiakevou G, Patikas D. The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *J Strength Cond Res* 19: 369-375, 2005.
84. **Kraemer WJ**, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, Fleck SJ, Franklin B, Fry AC, Hoffman JR, Newton RU, Pottenger J, Stone MH, Ratamess NA, Triplett-McBride T. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 34: 364-380, 2002.
85. **Kraemer WJ**, Häkkinen K. *Strength Training for Sport*. Oxford: Blackwell Sciences Ltd, 5: 69-134, 2002.
86. **Kraemer WJ**, Newton RU. Training for muscular power. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 11: 341-368, 2000.
87. **Kraemer WJ**, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc* 36(4): 674-688, 2004.
88. **Kubo K**, Kanehisa H, Fukunaga T. Effects of resistance and stretching training programmes on the viscoelastic properties of human tendon structures *in vivo*. *J Physiol* 538: 219-226, 2002.
89. **Kumagai K**, Abe T, Brechue WF, Ryushi T, Takano S, Mizuno M. Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *J Appl Physiol* 88: 811-816, 2000.

90. **Kurokawa S**, Fukunaga T, Nagano A, Fukashiro S. Interaction between fascicles and tendinous structures during counter movement jumping investigated in vivo. *J Appl Physiol* 95: 2306-2314, 2003.
91. **Kyrolainen H**, Avela J, McBride JM, Koskinen S, Andersen JL, Sipila S, Takala TE, Komi PV. Effects of power training on muscle structure and neuromuscular performance. *Scand J Med Sci Sports* 15: 58-64, 2005.
92. **Lamas L**, Ugrinowitsch C, Rodacki A, Pereira G, Mattos E, Kohn A, Tricoli V. Effects of strength and power training on neuromuscular adaptations and jumping movement pattern and performance. *J Strength Cond Res*, Epub ahead of print, 2012.
93. **Leong B**, Kamen G, Patten C, Burke JR. Maximal motor discharge rates in the quadriceps muscles of older weight lifters. *Med Sci Sports Exerc* 31: 1638-1644, 1999.
94. **Lind AR**, Petrofsky JS. Isometric tension from rotary stimulation effects and slow cat muscles. *Muscle Nerve* 1: 213-218, 1978.
95. **Malisoux L**, Francaux M, Nielens H, Theisen D. Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. *J Appl Physiol* 100: 771-779, 2006.
96. **Markovic G**. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytic review. *Br J Sports Med* 41: 349-355, 2007.
97. **McBride JM**, Triplett-McBride T, Davie A, Newton RU. A comparison of strength and power characteristics between power lifters, Olympic lifters and sprinters. *J Strength Cond Res* 13: 58-66, 1999.
98. **McBride JM**, Triplett-McBride T, Davie A, Newton RU. The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J Strength Cond Res* 16: 75-82, 2002.
99. **McGinnis P**. *Biomechanics of Sport and Exercise*, 2nd edition. Champaign: Human Kinetics, 1: 19-46; 3: 77-99, 2005.
100. **Mellor R**, Hodges P. Motor unit synchronization between medial and lateral vasti muscles. *J Clin Neurophysiol* 116: 1585-1595, 2005.
101. **Mihalik JP**, Libby JJ, Battaglini CL, McMurray RG. Comparing short-term complex and compound training programs on vertical jump height and power output. *J Strength Cond Res* 22: 47-53, 2008.

102. **Milner-Brown HS**, Stein RB, Lee RG. Synchronization of human motor units: possible roles of exercise and supraspinal reflexes. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 38: 245-254, 1975.
103. **Morin JB**, Edouard P, Samozino P. Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 43(9): 1680-1688, 2011.
104. **Moritani T**, deVries HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med* 58(3): 115-30, 1979.
105. **Morrissey MC**, Harman EA, Johnson MJ. Resistance training modes: specificity and effectiveness. *Med Sci Sport Exerc* 27: 648-660, 1995.
106. **Narici MV**, Hoppeler H, Kayser B, Landoni L, Claassen H, Gavardi C, Conti M, Cerretelli P. Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. *Acta Physiol Scand* 157: 175-186, 1996.
107. **Newton RU**, Kraemer WJ, Häkkinen K. Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. *Med Sci Sports Exerc* 31: 323-330, 1999.
108. **Newton RU**, Rogers RA, Volek JS, Häkkinen K, Kraemer WJ. Four weeks of optimal load ballistic resistance training at the end of season attenuates declining jump performance of women volleyball players. *J Strength Cond Res* 20: 955-961, 2006.
109. **Nicol C**, Avela J, Komi PV. The stretch-shortening cycle: a model to study naturally occurring neuromuscular fatigue. *Sports Med* 36(11): 977-999, 2006.
110. **Paavolainen L**, Häkkinen K, Rusko H. Effects of explosive type strength training on physical performance characteristics in cross-country skiers. *Eur J Appl Physiol* 62: 251-255. 1991.
111. **Patten C**, Kamen G, Rowland DM. Adaptations in maximal motor unit discharge rate to strength training in young and older adults. *Muscle Nerve* 24: 542-550, 2001.
112. **Paulsen G**, Myklestad D, Raastad T. The influence of volume of exercise on early adaptations to strength training. *J Strength Cond Res* 17: 115-120, 2003.
113. **Perez-Gomez J**, Olmedillas H, Delgado-Guerra S, Ara Royo I, Vicente-Rodriguez G, Ortiz RA, Chavarren J, Calbet JAL. Effects of weight lifting training combined with plyometric exercises on physical fitness, body composition, and knee extension velocity during kicking in football. *Appl Physiol Nutr Metab* 33(3): 501-510, 2008.
114. **Peterson MD**, Alvar BA, Rhea MR. The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *J Strength Cond Res* 20(4): 867-873, 2006.

115. **Potteiger JA**, Lockwood RH, Dolezal MD, Almuzaini KS, Schroeder JM, Zebas CJ. Muscle power and fiber characteristics following 8 weeks of plyometric training. *J Strength Cond Res* 13(3): 275-279, 1999.
116. **Raastad T**, Paulsen G. Hva bestemmer muskelstyrken vår? I: Raastad T, Paulsen G, Refnes PE, Rønnestad BR, Wisnes AR. *Styrketrening – I teori og praksis*. Oslo: Gyldendal Undervisning, s.19-36, 2010a.
117. **Rack PMH**, Westbury DR. The effects of length and stimulus rate on tension in the isometric cat soleus muscle. *J Physiol* 204: 443-460, 1969.
118. **Rainoldi A**, Gazzoni M. Neuromuscular physiology, I: Cardinale M, Newton R, Nosaka K. *Strength and Conditioning: Biological Principles and Practical Applications*. Chichester: Wiley-Blackwell, s.17-27, 2011.
119. **Ratamess NA**, Kraemer WJ, Volek JS, French DN, Rubin MR, Gomez AL, Newton RU, Maresh CM. The effects of ten weeks of resistance and combined plyometric/sprint training with the Meridian Elyte athletic shoe on muscular performance in women. *J Strength Cond Res* 21: 882-887, 2007.
120. **Refsnes PE**. Testing av styrke. I: Raastad T, Paulsen G, Refnes PE, Rønnestad BR, Wisnes AR. *Styrketrening – I teori og praksis*. Oslo: Gyldendal Undervisning, s.139-158, 2010.
121. **Requa RK**, DeAvilla LN, Garrick JG. Injuries in recreational adult fitness activities. *Am J Sports Med* 21(3): 461-467, 1993.
122. **Requena B**, García I, Requena F, Villarreal ES, Cronin JB. Relationship between traditional and ballistic squat exercise with vertical jumping and maximal sprinting. *J Strength Cond Res* 25(8): 2193-2204, 2011.
123. **Rhea MR**, Alvar BA, Burkett LN, Ball SD. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med Sci Sports Exerc* 35(3): 456-464, 2003.
124. **Riggs MP**, Sheppard JM. The relative importance of strength and power qualities to vertical jump height of elite beach volleyball players during the counter-movement and squat jump. *J Hum Sport Exerc* 4(3): 221-236. 2009.
125. **Robbins DW**. Postactivation potentiation and its practical application: a brief review. *J Strength Cond Res* 19: 453-458, 2005.
126. **Rodacki ALF**, Fowler NE, Bennett SJ. Vertical jump coordination: fatigue effects. *Med Sci Sports Exerc* 34(1): 105-116, 2002.

127. **Rousanoglou EN**, Georgiadis GV, Boudolos KD. Muscular strength and jumping performance relationships in young women athletes. *J Strength Cond Res* 22: 1375-1378, 2008.
128. **Rønnestad BR**, Kvamme NH, Sunde A, Raastad T. Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *J Strength Cond Res* 22(3): 773-780, 2008.
129. **Rønnestad BR**, Hansen EA, Raastad T. Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol* 108: 965-975, 2010.
130. **Rønnestad BR**, Raastad T. Effekter av styrketrening på akselerasjonsevne og spenst. I: Raastad T, Paulsen G, Refsnes PE, Rønnestad BR, Wisnes AR. *Styrketrening – I teori og praksis*. Oslo: Gyldendal Undervisning, s.225-240, 2010.
131. **Sale DG**. Influence of exercise and training on motor unit activation. *Exerc Sport Sci Rev* 15: 95-151, 1987.
132. **Sale DG**. Neural adaptation to resistance training. *Med Sci Sports Exercise* 20: S135-S145, 1988.
133. **Sale DG**. Neural adaptations to strength training. I: Komi PV. *Strength and power in sport*, 2nd edition. Oxford: Blackwell Scientific Publishing, s.281-314, 2003.
134. **Saplinskas JS**, Chobotas MA, Yashchaninas II. The time of completed motor acts and impulse activity of single motor units according to the training level and sport specialization of tested persons. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 20(6): 529-539, 1980.
135. **Schlumberger A**, Stec J, Schmidtbleicher D. Single vs. multiple-set strength training in women. *J Strength Cond Res* 15: 284-289, 2001.
136. **Semmler JG**, Nordstrom MA. Motor unit discharge and force tremor in skill- and strength-trained individuals. *Exp Brain Res* 119: 27-38, 1998.
137. **Sheppard JM**, Cronin JB, Gabbett TJ, McGuigan MR, Etxebarria N, Newton RU. Relative importance of strength, power, and anthropometric measures to jump performance of elite volleyball players. *J Strength Cond Res* 22(3): 758-765, 2008.
138. **Sheppard JM**, Dingley AA, Janssen I, Spratford W, Chapman DW, Newton RU. The effect of assisted jumping on vertical jump height in high-performance volleyball players. *J Sci Med Sport* 14: 85-89, 2011.
139. **Shield A**, Zhou S. Assessing voluntary muscle activation with the twitch interpolation technique. *Sports Med* 34: 253–267, 2004.

140. **Siegel JA**, Gilders RM, Staron RS, Hagerman FC. Human muscle power output during upper- and lower-body exercises. *J Strength Cond Res* 16: 173-178, 2002.
141. **Simoneau JA**, Bouchard C. Genetic determinism of fibertype proportion in human skeletal muscle. *Faseb J* 9: 1091-1095, 1995.
142. **Spector SA**, Gardiner PF, Zernicke RF, Roy RR, Edgerton VR. Muscle architecture and force–velocity characteristics of the cat soleus and medial gastrocnemius: implications for motor control. *J Neurophysiol* 44: 951-960, 1980.
143. **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* 76: 1247-1255, 1994.
144. **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* 70: 631-640, 1991.
145. **Stephens JA**, Taylor A. Fatigue of maintained voluntary muscle contraction in man. *J Physiol* 220: 1-18, 1972.
146. **Stone MH**, Collins D, Plisk S, Haff G, Stone ME. Training principles: Evaluation of modes and methods of resistance training. *Strength Cond J* 22(3): 65-76, 2000.
147. **Stone MH**, O’Bryant HS, McCoy L, Coglianese R, Lehmkuhl M, Schilling B. Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *J Strength Cond Res* 17: 140-147, 2003.
148. **Takarda Y**, Yoshiaki S, Naokata I. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *Eur J Appl Physiol* 86: 308-314, 2002.
149. **Tesch PA**, Larsson L. Muscle hypertrophy in bodybuilders. *Eur J Appl Physiol* 49(3): 301-306, 1982.
150. **Thorstensson A**, Karlsson J, Viitasalo JH, Luhtanen P, Komi PV. Effect of strength training on EMG of human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand* 98(2): 232-236, 1976.
151. **Toji H**, Suei K, Kaneko M. Effects of combined training loads on relations among force, velocity, and power development. *Can J Appl Physiol* 22: 328-336, 1997.
152. **Toumi H**, Best TM, Martin A, Poumarat G. Muscle plasticity after weight and combined (weight + jump) training. *Med Sci Sports Exerc* 36(9): 1580-1588, 2004.
153. **Trajkovic N**, Milanovic Z, Sporis G, Radisavljevic M. Positional differences in body composition and jumping performance among youth elite volleyball players. *Acta Kinesiologica* 5(1): 62-66, 2011.

154. **Tricoli V.** Skeletal muscle physiology, I: Cardinale M, Newton R, Nosaka K. *Strength and Conditioning: Biological Principles and Practical Applications*. Chichester: Wiley-Blackwell, s.3-16, 2011.
155. **Tricoli V**, Lamas L, Carnevale R, Ugrinowitsch C. Short-term effects on lower-body functional power development: Weightlifting vs. vertical jump training programs. *J Strength Cond Res* 19: 433-437, 2005.
156. **Turner A**, Jeffreys I. The stretch-shortening cycle: Proposed mechanisms and methods for enhancement. *Strength Cond J* 32: 87-99, 2010.
157. **Van Cutsem M**, Duchateau J, Hainaut K. Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *J Physiol (Lond)* 513: 295-305, 1998.
158. **Vanezis A**, Lees A. A biomechanical analysis of good and poor performers of the vertical jump. *Ergonomics* 48: 1594-1603, 2005.
159. **Viitasalo JT**, Rusko, H, Pajala, O, Rahkila, P, Ahila, M, Montonen, H. Endurance requirements in volleyball. *Can J Appl Sports Sci* 12: 194-201, 1987.
160. **Villarreal ES**, Kellis E, Kraemer WJ, Izquierdo M. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: A meta-analysis. *J Strength Cond Res* 23: 495-506, 2009.
161. **Voigt HF.** Volleyball verstehen—(meine) Wege zu einer Philosophie für Vermittlung und Training. I: Langolf K, Kuhn P, editors. Volleyball in Lehre und Forschung. *Hamburg*. p. 9-32, 2000, i Voight HF, Vetter K. The value of strength-diagnostic for the structure of jump training in volleyball. *Eur J Sport Sci* 3(3): 1-10, 2003.
162. **Volek JS**, Duncan ND, Mazzetti SA, Staron RS, Putukian M, Gomez AL, Pearson DR, Fink WJ, Kraemer WJ. Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 31: 1147-1156, 1999.
163. **Wells L**, Edwards KA, Bernstein SI. Myosin heavy chain isoforms regulate muscle function but not myofibril assembly. *Embo J* 15: 4454-4459, 1996.
164. **Wickiewicz TL**, Roy RR, Powell PL, Edgerton VR. Muscle architecture of the human lower limb. *Clin Orthop* 179: 275-283, 1983.
165. **Wilson GJ**, R. Newton RU, Murphy AJ, Humphries BJ. The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med Sci Sports Exerc* 25: 1279-1286, 1993

166. **Wisløff U**, Castagna C, Helgerud J, Jones R, Hoff J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med* 38(3): 285-288, 2004.
167. **Wolfe BL**, Lemura LM, Cole PJ. Quantitative analysis of single- vs. multiple-set programs in resistance training. *J Strength Cond Res* 18: 35-47, 2004.
168. **Yue G**, Fuglevand AJ, Nordstrom MA, Enoka RM. Limitations of the surface electromyography technique for estimating motor unit synchronization. *Biol Cybern* 73: 223-233, 1995.
169. **Åstrand PO**, Rodahl K, Dahl HA, Strømme SB. *Textbook of Work Physiology – Physiological Bases of Exercise*, 4th edition, Champaign: Human Kinetics, 3: 31-70; 4: 71-126; 11: 313-368, 2003.

Vedlegg 1.

Forespørsel om deltakelse i et styrketreningsprosjekt

Mitt navn er Tom Erik Solstad, og jeg studerer idrettsfysiologi, master ved Høgskolen i Telemark avd. Bø.

Forskningen min vil gå ut på å finne ut hvilke treningsmetoder er best for å forbedre hopp høyden for ballsport utøvere. Tidligere forskning har vist at eksplosiv styrketrening med forbedrer spensten signifikant. Kombinasjonen plyometrisk og tung styrketrening har også vist seg å forbedres hopp høyden signifikant. Spørsmålet er om den plyometriske treningen er nødvendig siden tidligere forskning har vist at både volleyball og fotball utøvere får mye gratis plyometrisk trening gjennom selve idretten. Og vil eksplosiv styrketrening gi en additiv effekt sammen med maksimal styrketrening enn maksimal styrketrening trent alene? Dette vil si at prosjektet kommer til å inneholde to treningsgrupper, en som trener tung styrketrening og en som trener kombinasjonen tung og eksplosiv styrketrening.

Prosjektet kommer til å vare mellom 9-10 uker, der det kommer til å foregå 1-2 uker teknikktraining, 6 uker med trening og 2 uker med før og etter testing. Det vil bli testing å både hopp høyde, effekt og 1RM i knebøy. Dere vil bli fulgt opp av meg som prosjektansvarlig gjennom all testing og trening under denne perioden. Dette for at både testing og trening utføres korrekt og forsvarlig. Ikke bare vil vi lære bort korrekt teknikk i knebøy, men også lære dere å sikre og se feil i andres teknikk slik at dere kan komme med rettelser. For oss er det viktig at dere bare ikke kan være et godt øvningsbilde, men også lære bort god teknikk i et bevegelsesmønster.

Teknikktrainingen og testing vil skje på idrettsfysiologisk testlab ved høgskolen, mens selve treningen Gullbring og skolens eget treningsrom. Det vil bli trening tre ganger i uken og treningsregime blir 4 repetisjoner X 3 sett. Kriteriene for å bli inkludert:

- Frisk og skadefri (helst ingen skadehistorikk innen rygg, kne eller skulder).
- Minimum 2 dager i uken der man driver med en form for ballsport.
- Ikke drevet med systematisk styrketrening for ben de siste 3 mnd.
- Du må fylle ut et egenerklæringskjema om din egen helse.

Man vil bli ekskludert hvis man mister mer enn 2 treningen i løpet av treningsperioden på 6 uker. All annen trening for ben må også kuttes ut under denne perioden. Man kan trekke seg fra prosjektet når som helst uten å oppgi grunn.

Jeg har forstått prosjektets omfang og dens kriterier for inkludering og ekskludering.

Navn: _____ Sted: _____ Dato: _____

Tom Erik Solstad

Tlf: 93213077

Mail: te.solstad@gmail.com

Vedlegg 2.



Egenerklæringsskjema om helse

Etternavn:	Fornavn:	Født:
Høyde:	Vekt:	Lag / forening / studie:
Telefon:	Telefon kontaktperson:	

Siden det er første gang du testes ved idrettsfysiologisk testlaboratorium, ber vi deg lese nøye igjennom alle spørsmålene på denne listen. Kryss av enten JA eller NEI for hvert spørsmål. Dette er viktig i forhold til hvordan vi gjennomfører testingen av deg.

	JA	NEI	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kjenner du til at du har en hjertesykdom?
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hender det at du får brystmerter i hvile eller i forbindelse med fysisk aktivitet?
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kjenner du til at du har høyt blodtrykk?
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bruker du for tiden medisiner for høyt blodtrykk eller hjertesykdom (f.eks vanndrivende tabletter?)
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Røyker du?
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bruker du snus?
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kjenner du til om du har høyt kolesterolnivå i blodet?
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Har du besvint siste 6 måneder i forbindelse med fysisk aktivitet?
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hender det at du mister balansen på grunn av svimmelhet?
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Har du sukkersyke?
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Er du fysisk inaktiv og har et stillesittende arbeid?
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bruker medisiner fast – mot:
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Har du eller har du hatt en luftveisinfeksjon i løpet av siste uke?

Jeg / vi har også lest i gjennom forberedelseskjema for testen, og er inneforstått med hvordan testen foregår.

.....
Dato Underskrift

.....
Dato Underskrift av foresatt dersom testpersonen er under 18 år