

Mastergradsoppgave

Stian Mendoza Flies &
Johannes Handle Jensen

Maksimal styrketrening gir
like god fremgang i 10m og 40m
løpshurtighet hos fotballspillere
som en kombinasjon av
maksimal styrketrening
og sprinttrening

Et studie om fotballspillere i 3.divisjon



Høgskolen i Telemark

Avdeling for allmennvitenskapelige fag

Mastergradsavhandling
i idrett, kroppsøvning og friluftsliv 2011

Stian Mendoza Flies &
Johannes Handle Jensen

Maksimal styrketrening gir like god fremgang i 10m og 40m
løpshurtighet hos fotballspillere som en kombinasjon av
maksimal styrketrening og sprinttrening

Et studie om fotballspillere i 3.divisjon

Høgskolen i Telemark 2011
Avdeling for allmennvitenskaplige fag
Institutt for idretts- og friluftslivsfag
Hallvard Eikas plass
3800 Bø

<http://www.hit.no>

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng.

© Rettigheter etter lov om åndsverk: Stian Mendoza Flies & Johannes Handle Jensen

Trykket ved Høgskolens kopisenter i Bø

Maksimal styrketrening gir like god fremgang i 10m og 40m løpshurtighet hos fotballspillere som en kombinasjon av maksimal styrketrening og sprinttrening



Høgskolen i Telemark

Institutt for Idrett, kroppsøving og friluftsliv

Gullbringvegen 36,

3800 Bø i Telemark

<http://www.hit.no>

© 2011 Stian Mendoza Flies, Johannes Handle Jensen

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

SAMMENDRAG

Målet med dette studiet var å undersøke effekten av maksimal styrketrening med og uten sprinttrening i tillegg, som treningsmetode i å forbedre sprintløp prestasjon for fotballspillere. Responsen på en repetisjon maksimum og power i half squat ble også undersøkt. **Metode:** 47 mannlige fotballspillere fra to tredjedivisjonslag i Norge ble fordelt på fire ulike grupper. Den første gruppen gjennomførte MST som half squats, 4 sett med 4 repetisjoner maksimum, to ganger i uka (ST2). Mens gruppe 2 gjennomførte tilsvarende treningsprogram, og i tillegg et sprintløpsprogram bestående av 3X10, 3X20 og 3X40 meter (ST2+S). Både MST og sprint ble gjennomført to ganger i uka som supplement til den vanlige fotballtreningen i sesongoppkjøringen (4 fotballøkter i uka). Den siste treningsgruppen gjennomførte den samme treningen som gruppe 1, men med bare en MST (maksimal styrke trening) økt i uka (ST1). Kontrollgruppen gjennomførte bare fotballtreningen som normalt. **Resultat:** Intervensjonen fant signifikant forbedring i 1RM, power og i 10m og 40 meter sprintløp i ST2 og ST2+S. Det var ingen signifikant forskjell mellom disse to gruppene. Verken ST1 eller kontrollgruppen oppnådde noen signifikante endringer i resultatene fra pre til post test i noen av variablene, med unntak av en forbedring av 1RM i ST1. **Konklusjon:** Maksimal styrketrening to ganger i uka over 8 uker forbedret 1RM, power og sprintløp prestasjonen hos fotballspillere i samme grad som om kombinerte maksimal styrketrening med sprinttrening. Maksimal styrketrening en gang i uka forbedret ikke power eller sprintløp prestasjonen.

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Sidetall
SAMMENDRAG.....	2
INNHOLDSFORTEGNELSE.....	3
FORORD.....	4
1. INNLEDNING.....	5-15
1.1 Fotball.....	5
1.2 Kraft og effekt (Power).....	5-7
1.3 Styrketrening.....	7-8
1.4 Muskulære tilpasninger til styrketrening.....	8-10
1.5 Nevrale tilpasninger til styrketrening.....	10-12
1.6 Hvordan utnytte økt styrke, kraftutviklingshastighet (RFD) og power i fotballspesifikke bevegelser?	13-14
1.7 Problemstilling.....	15
2. METODE.....	16-19
2.1 Utøvere.....	16-17
2.2 Testing.....	17-18
2.3 Trening.....	18-19
2.4 Statistiske analyser.....	19
3. RESULTATER.....	20-13
3.1 Resultater av 1RM, Power, 10- og 40m sprint.....	20-21
3.2 Korrelasjoner.....	21-23
4. DISKUSJON.....	24-28
4.1 1RM og Power.....	24-25
4.2 10m og 40m.....	25-27
4.3 Konklusjon.....	27
4.4 Praktiske implikasjoner.....	28
5. LITTERATURLISTE.....	28-35

FORORD

Bakgrunnen for studiet har opparbeidet seg gjennom år innenfor fotballen, både som spillere og i trenerroller i ulike lag. En ting som har gått igjen er mangelen på noe sammenheng i hvordan ulike lag og trenere velger å utføre treningen i en så viktig egenskap som hurtighet er i dagens fotball. Ulike klubber har brukt ulike metoder, noen har sagt egenskapen er medfødt, andre at den ikke er verdt å trene med tanke på belastning det skaper osv. Når vi har spurt trenere har det vært to svar som skremmende nok har gått igjen, det var slik vi gjorde når jeg spilte, eller det er slik den og den klubben gjør det. På denne måten begynte man etter hvert som spiller å tenke, skal jeg virkelig løpe i disse stigen bare fordi en trener har sett ett annet lag gjøre det, eller skal jeg kreve at en trener kan begrunne valget av tingene han gjør. Når vi er trenere vil vi kunne begrunne våre metoder faglig, ikke bare stole blindt på andres metoder. Dette var noe av bakgrunnen til at når vi fikk muligheten til å gjøre vårt eget forskningsprosjekt så var hurtigheten noe vi ønsket å se dypt på. Tanken var at dette ville bli både ett spennende prosjekt for vår del og noe vi kunne gi tilbake til fotballen for å øke kompetansen i og rundt treningen.

For oss ble det viktig å finne to ambisiøse lag med ambisiøse spillere til studiet, der fant vi Fjellhamar og Skarphedin som begge lå på 4 fotballtreninger i uka og hadde opprykksambisjoner fra 3 divisjon.

Samarbeidet mellom oss og utøverne har vært helt avgjørende for å få gjennomført denne masteroppgaven, vi vil derfor benytte anledningen til å takke alle som har vært med og spilt en rolle i denne oppgaven eller stilt med en hjelpende hånd i prosessen. En stor takk til alle spillere i Fjellhamar og Skarphedin som fullførte intervensjonen. En stor takk også til trenerne i Fjellhamar som var meget samarbeidsvillige i denne perioden. Vi vil også benytte anledningen til å takke våre veiledere Øyvind Støren og Jan Helgerud for mange gode tips og god hjelp under oppgaveskrivingen.

Bø, 5. Desember 2011

Stian Mendoza Flies, Johannes Handle Jensen

1. INNLEDNING

1.1 Fotball

Fotball er en idrett som blant annet inneholder eksplosive bevegelser som spark, hopp og sprint (Bangsbo 1994). I en kamp løper en fotball spiller mellom 8-12 km (Helgerud m.fl 2001, Hoff&Helgerud 2004, Hoff 2005). Innenfor denne distansen gjennomføres det mange eksplosive bevegelser og vendinger (Wisløff m.fl 2004). En spiller sprinter gjennomsnittlig 90 sek hver, og hver enkel sprint beveger seg over 30- til 50m som varer i 2-4 sek (Hoff 2004, Wisløff m.fl 2004). Av disse løpene utføres korte sprinter opp til 5 m dobbelt så ofte som sprinter på mellom 5-10 m og 10-20 m, og fem ganger så ofte som sprinter over 20 m (Little&Williams 2005). Man utfører i gjennomsnitt 50 eksplosive vendinger/retningsforandringer per kamp (Bangsbo m.fl 1991, Little&Williams 2005). Dette utgjør ca 11 % av den totale distansen en fotballspiller løper (Wisløff m.fl 2004, Hoff&Helgerud 2004, Hoff 2005, Little&Williams 2005). Disse situasjonene hvor sprinter eller vendinger utføres er ofte viktige situasjoner innenfor fotballkampen, og dermed kan disse raske bevegelsene være helt avgjørende for kampens utfall (Mohr m.fl 2003, Bangsbo m.fl 1991). Etersom hurtighet kan være en så avgjørende egenskap er det viktig å vite hva som begrenser hurtighet og hvordan egenskapen hurtighet kan bedres gjennom trening.

1.2 Kraft og effekt (power)

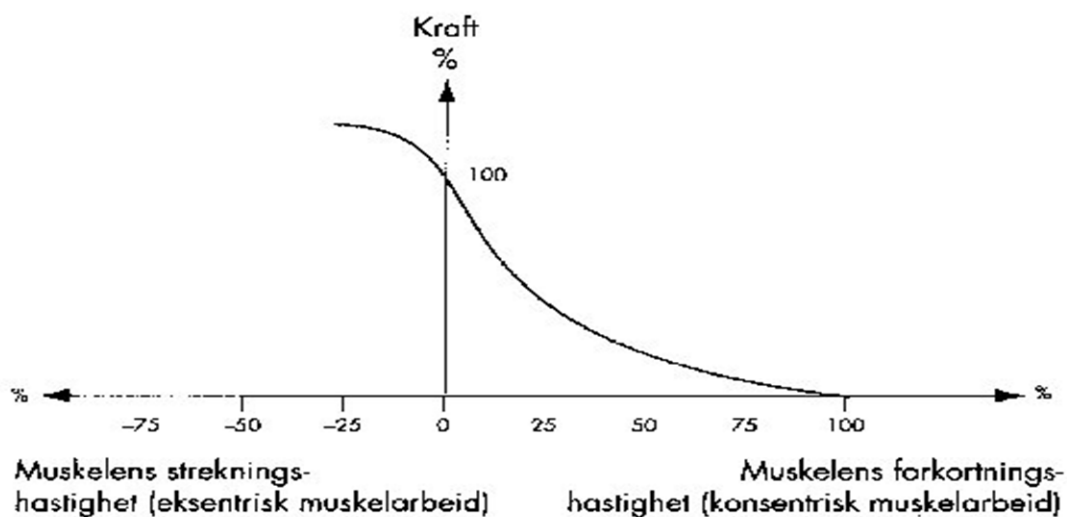
Styrketrening med bruk av ytre belastning er en vanlig treningsform, og et tema som det er forsket mye på i de senere år. I eksplosive bevegelser som varer 2 til 4 sekunder, er evnen til å generere kraft av avgjørende betydning (Granados m.fl 2008) Effekten av maksimal styrketrening er vist nyttig innenfor en rekke idretter, både for utøvere som skal bli sterkere (Mcdonagh m.fl 1984, Schmidbleicher&Bührle 1987, Delecluse 1997, Kraemer&Ratamess 2004, Helgerud m.fl 2011, Rønnestad m.fl 2011), raskere (Delecluse 1997, Hoff&Helgerud 2003, Helgerud m.fl 2003, Kotzamanidis m.fl 2005, Rønnestad m.fl 2008, Tsimahidis m.fl 2010, Helgerud m.fl 2011, Rønnestad m.fl 2011), spenstigere (Helgerud m.fl 2011, Kotzamanidis m.fl 2005, Rønnestad m.fl 2008, Tsimahidis m.fl 2010 Helgerud m.fl 2011, Rønnestad m.fl 2011) eller til og øke sin utholdenhet gjennom bedring av arbeidsøkonomien (Hoff m.fl 2002, Helgerud m.fl 2003, Hoff&Helgerud 2003, Hoff 2005, Støren m.fl 2008).

Egenskapene styrke og hurtighet blir ofte trent hver for seg, som adskilte egenskaper. Imidlertid henger disse egenskapene nært sammen. Mengden kraft en utøver klarer å skape mot underlaget, hvor fort denne kraften utvikles og hvor hurtig disse kraftinnsatsene gjentas, vil avgjøre hvor fort han kan løpe (Wisløff m.fl 2004, Granados m.fl 2008). Wisløff m.fl (2004) har vist sammenheng mellom maksimal styrke og løpstid på 10m, 30m og retningsforandringsløyper. En rekke studier viser også effekt på hurtigheten gjennom en periode med half squat som styrketrening.(Delecluse 1997, Helgerud & Hoff 2003, Helgerud m fl 2003, Wisløff m fl 2004, Kotzamanidis m fl 2005, Rønnestad m.fl 2008, Tsimahidis m fl 2010, Helgerud m.fl 2011, Rønnestad m.fl 2011).

Imidlertid er det ikke tilstrekkelig med evne til å kunne utvikle stor kraft for å oppnå høy løpshastighet. Utøveren kan ikke bruke lang tid på å generere den kraften som trengs i et løpssteg. I eksplosive bevegelser som løping må kraften produseres på under 0,3 sekunder, og ofte ned mot 0,1- 0,2 sekunder. Dermed er ikke evne til kraftutvikling alene, men også hvor fort man utvikler kraft (kraftutviklingshastigheten eller på engelsk rate of force development, (RFD) (Kent 2006) og hastigheten på det dynamiske arbeidet som utføres (arbeid pr tid, effekt eller power) svært viktig for løpshastighet (Behm 1995, Delecluse 1997, Granados m.fl 2008).

All fysisk aktivitet innebærer en form for bevegelse. For å skape en bevegelse behøves det kraft (Komi 2003). Dersom man viderefører dette til ulike idretter er kraft like betydningsfullt for en maratonløper som for en styrkeløfter. Forskjellen er bare at maratonløperen skaper en forholdsvis liten kraft svært mange ganger i forhold til styrkeløfteren som skaper stor kraft få ganger (Knutgen&Kraemer 1987). Styrke kan defineres som den maksimale kraft en muskel eller muskelgruppe kan utvikle ved en bestemt hastighet (Knutgen&Kraemer 1987). Begrepet styrke er kun knyttet til evnen til å skape maksimal kraft, og siden hastighet er inkludert i definisjonen omfatter muskelstyrke både evnen til å skape maksimal kraft ved langsomme og hurtige forkortningshastigheter (Knutgen&Kraemer 1987). Maksimal styrke kan defineres som den største kraften man klarer å utvikle ved langsomme kontraksjoner, mens eksplosiv styrke kan defineres som den største kraften man klarer å utvikle ved stor forkortningshastighet i musklene (Kent 2006). I tillegg vil eksplosiv styrke også handle om evnen til å kunne utvikle stor kraft på kortest mulig tid. Betegnelsen power blir ofte benyttet i denne sammenhengen, men kun i dynamiske bevegelser hvor vi da har en arbeidsvei. Power kan oversettes med effekt som blir definert som arbeid per tidenhet (Bahr m.fl 1991), altså evnen til å utføre et størst mulig arbeid på kortest mulig tid. Hvis vi studerer Hills-kurve (figur 1.1) kan vi se sammenhengen mellom muskelkraft og bevegelseshastighet, og at utfordringen

er at tiden man har for å utvikle kraft er begrenset i eksplosive bevegelser (Fleck&Kraemer 2004). Muskelen utvikler stor kraft ved lave hastigheter og når hastigheten øker reduseres kraftutviklingen, mens kraften i eksentrisk fase kan være opp til 10x høyere enn den konsentriske fasen (Siegel m.fl 2002). En viktig faktor som kan bidra til høy power er evnen til aktivisering av hele muskelen (Sale 1992). Maksimal styrketrening og maksimal sprinttrening aktiviserer også de motoriske høyterskel-enhetene som er viktig for å oppnå høy power (Hoff&Helgerud 2004). Høyterskel enhetene inneholder type II muskelfibre, og de som aktiveres kun ved nær maksimal kraftproduksjon (Sale 1992).



Figur 1.1: Sammenhengen mellom kraft og forkortningshastighet under maksimale, dynamiske kontraksjoner (Siegel m.fl 2002).

1.3 Styrketrening

Styrketrening går i all hovedsak ut på å legge en større belastning på bevegelsesapparatet enn det bevegelsesapparatet er vant til fra før, slik at nerve- og muskelsystemet tilpasser seg og dermed forbedrer sitt potensial til å utvikle kraft. Styrketrening og dets tilpasninger er et svært komplekst område. Dette er fordi det inngår et samspill mellom den mekaniske belastningen en legger på bevegelsesapparatet, og de hormonelle, fysiologiske, neurologiske og kjemiske interaksjonene som bidrar til tilpasningen i kroppen (Kraemer&Ratamess 2004). Muskulært er det tverrsnittsareal, fibertypefordeling, arkitektonisk indeks og muskelseneapparatets

festepunkt på knokler som hovedsakelig står for begrensningene for kraftutvikling (Behm&Sale 1993, Hoff 2001). Muskelapparatets festepunkter er viktig for kraftutvikling i en muskel, men dette kan i utgangspunktet ikke påvirkes av trening (Behm&Sale 1993). Individuelle arvelige forskjeller i muskelapparatets festepunkter på knoklene kan være med på forklare hvorfor to personer med tilsynelatende lik muskelmasse kan utvikle forskjellig moment over et ledd (Behm&Sale 1993). Arkitektonisk indeks kan forandres noe ved trening, men er i hovedsak bestemt av hvilken muskel det er snakk om og hvor denne muskelen befinner seg. Generelt befinner fjærformede muskler seg nærmere kroppens sentrum enn de spoleformede musklene. De fjærformede musklene har større evne til å utvikle stort dreiemoment på en knokkel, men mindre evne til hurtig dreining av knokkelen enn en spoleformet muskel (McArdle m.fl, 2001). Fibertypefordeling er til en viss grad trenbart, i hvert fall er det vist overgang fra fibertype IIX til IIA (Andersen m fl 1994, Staron m.fl 1994, Carroll m.fl 1998, Dawson m fl 1998, Andersen m.fl 2000, Wiliamson m.fl 2001, Campos m.fl 2002, Andersen 2005). Den største muskulære effekten av styrketrening synes imidlertid å være økt tverrsnittsareal (Kraemer&Ratamess 2004). Av nevralt tilpasninger synes økt evne til å rekruttere motoriske enheter, økt fyringsfrekvens og bedre nevro-muskulær koordinasjon å være de viktigste tilpasningene til styrketrening (Behm&Sale 1993). Effekten av treningen eller hva man ønsker å forbedre styres gjennom treningsmetode, repetisjonsantall, belastning og hva man gjør utenom styrketreningen.(Komi 1986, Schmidtbleicher & Gollhofer 1991, Kraemer&Ratamess 2004, Stølen 2005).

1.4 Muskulære tilpasninger til styrketrening

En muskelgruppes tverrsnitt er viktigste faktor hvor stor kraft som kan utvikles ved langsomme forkortningshastigheter (Bahr m.fl 1991). Generelt kan en muskel skape et drag i en sene på ca. 30N per cm^2 når den er maksimalt aktivert og i sin optimale lengde i en isometrisk kontraksjon (Schmidtbleicher&Buhle 1987). Det vil si at en normal biceps brachi muskel på 20 cm^2 kan skape et drag i senen som går over albuen på ca. 600 N, mens quadriceps femoris (ca.100 cm^2) kan skape en kraft på ca. 3000 N når den er i sin optimale lengde og maksimalt aktivert (Schmidtbleicher&Buhle 1987). Det er viktig å påpeke at det er det største tverrsnittet i hele muskelens lengde som bestemmer styrken ved maksimal aktivering (Behm&Sale 1993). Momentet som kan skapes i et ledd vil variere ved ulike leddvinkler både fordi vektarmen til senedraget og muskelens lengde forandrer seg (Behm&Sale 1993). Den direkte sammenhengen mellom maksimal styrke og tverrsnitt ligger

i hvor mange sarkomerer man har i parallell, altså hvor mange tverrbroer man kan få i parallell (Behm&Sale 1993) Tverrsnittstudier av utøvere fra ulike idretter blir ofte brukt som eksempler på skjelettmuskulaturens evne til å endre fibertypesammensetningen. Slike tverrsnittstudier finner oftest at utøvere innen idretter med høye krav til styrke og eksplosivitet har større prosentandel muskelfibertype IIA, sammenlignet med utøvere innen utholdenhetsidretter og omvent (Tesch m.fl 1984, Tesch&Karlsson 1985, Ricoy m.fl 1998). Problemet med slike studier er at man ikke kan kontrollere om fibertypefordelingen er genetisk, eller en følge av treningen de ulike idrettsutøverne har gjennomført. Komi m.fl (1977) rapporterer at fibersammensetningen nesten alene er bestemt av genene, mens Bouchard m.fl (1986) har estimert derimot det genetiske bidraget til å være relativt lavt (25-50%). Longitudinelle studier av styrketrening på utrente personer tyder på at det skjer en fibertypeovergang fra type IIX til IIA muskelfibre (Staron m.fl 1994, Carroll m.fl 1998, Andersen m.fl 2000, Williamson m.fl 2001 Campos m.fl 2002, Andersen 2005). Det ser ut til at denne fibertypeovergangen kan oppstå i den tidlige adaptasjonsfasen før man klarer å observere hypertrofi. Man har for eksempel observert at andelen type IIX fibre ble redusert fra 20 til 7% hos utrente menn og kvinner etter kun 4 uker med styrketrening (Staron m.fl 1994). Carroll m.fl (1998) viser til en fibertypeovergang (IIX → IIA) etter kun 18 treningsøkter med tung styrketrening. Videre kan vi se at andelen fibertype IIX faller med 5-11% med tilsvarende stigning av fibertype IIA etter 12-14 uker med tung styrketrening (Andersen m.fl 2000, Andersen m.fl 2005). Det pekes i flere av de ovenfornevnte studiene (Staron m.fl 1994, Carroll m.fl 1998, Andersen m.fl 2000, Williamson m.fl 2001, Campos m.fl 2002) på at hvis man slutter å trene styrke regelmessig vil denne transformeringen av muskelfibre reverseres og man vil igjen få tilbake en opprinnelig andel av type IIX fibre. Det kan virke rart at den treningen man gjør for å bli raskere og spenstigere gjør at man mister sine raskeste muskelfibre, men samtidig som dette skjer vil tverrsnittet av type IIA fibre vokse og den totale muskelstyrken øker slik at det overgår tapet av de raskeste fibre som skjer under trening (Andersen m.fl 1994, Dawson m.fl 1998). Noen studier viser også til at det kan oppstå overgang fra type I til type IIA fibre gjennom sprinttrening. (Andersen m.fl 1994, Dawson m.fl 1998).

Gjennom systematisert styrketrening over tid vil det oppstå en eller annen grad av hypertrofi i alle muskelfibertyper (Komi 1986). Tradisjonell hypertrofitrening vil lede til ødeleggelse av kontraktile proteiner, ødeleggelse av bindevev og metabolsk stress.(Komi 1986, Schmidtbleicher 1992, Behm 1995, Kraemer&Ratamess 2004). Den metabolske basisen for

vekst av skjelettmuskulatur ligger i forholdet mellom muskelproteinsyntesen og muskelproteinnedbrytningen (Goldspink 1985). Hypertrofi er kun mulig om muskelproteinsyntesen overstiger muskelproteinnedbrytningen (Goldspink 1985). Hypertrofi involverer en økning av de kontraktile proteinene aktin og myosin slik at myofibrillene blir større (Goldspink 1985). Økningen skyldes dermed at hver enkelt muskelfiber vokser i diameter, der type-II fibre vokser noe raskere enn type-I fibre (Goldspink 1985). Siden musklenes største tverrsnitt er proporsjonal med den maksimale styrke, vil økning i muskel tverrsnitt føre til økt maksimalstyrke (Goldspink 1985, Hoff&Helgerud 2004) Spørsmålet er om den maksimale styrken øker i samsvar med tverrsnittet, eller om styrken kan økes i tilnærmende lik grad uten noen særlig volumøkning og dermed en tyngre muskulatur (Hoff&Helgerud 2004, Stølen m.fl 2005).

1.5 Neurale tilpasninger til styrketrening

Muskelen får beskjed om å trekke seg sammen via aksjonspotensialer i de motoriske enheter de er innervert av (Åstrand m.fl 2003). Ulike motoriske enheter i en muskel rekrutteres etter et hierarkisk system (Henneman m.fl 1965, Nardone m.fl 1989), etter ”alt eller intet loven.” Når vi trenger liten kraft i en kontraksjon er det kun muskelfiber type-I som rekrutteres. Type I-fibre oppnår maksimalkraft når aksjonspotensialene kommer med en frekvens på ca. 30-40 Hz (Komi 2003), mens type IIA muskelfiber oppnår maksimalkraft ved 40-60 Hz. Høyterskel enhetene (Type IIX) aktiviseres ikke før 50-70Hz . Disse blir aktivisert ved store ytre motstand eller eksplosive kontraksjoner (Fitts&Widrick 1996, Behm 1995, Folland&Williams 2007). Dermed avhenger rekrutteringen av muskelfibre og valget av hvor mange og hvilke muskelfibre som skal rekrutteres av frekvensen på aksjonspotensialene.

Aksjonspotensialfrekvensen virker direkte på konsentrasjon av kalsium, som igjen frigjør bindingssteder på aktinfilamentene i muskelcellens kontraktile apparat, ved at hvert aksjonspotensial fører til at sarkoplasmatiske retikulum frigjør kalsium (Åstrand m.fl 2003, Folland&Williams 2007). Antall tverrbroer mellom myosinhoder og aktin styres sammen med utgangslengden på selve muskelfiberen av denne kalsiumkonsentrasjonen (Åstrand m.fl 2003). Eterspørselen av kalsium og rekruttering av hvilke fibertype avhenger av belastningen på arbeidet man skal utføre (Enoka&Fuglevand 2001, Folland&Williams 2007).

Økt antall involverte motoriske enheter bidrar til å øke kraften opp til ca. 80 %, mens økt fyringsfrekvens settes inn for å øke kraften i de resterende 20 % opp til maksimal viljestyrt

isometrisk kraft (Komi 2003). Når fyringsfrekvensen overstiger terskelen for maks aktivisering av de motoriske enhetene, bidrar dette til at man når den maksimale kraften raskere, altså økt RFD (Fleck&Kraemer 2004). Økt RFD vil da være gunstig for å oppnå en høyere power, siden arbeidet vil kunne gjennomføres raskere (Fleck&Kraemer 2004). Jo flere høyterskel - enheter som blir aktivisert desto høyere er kraftproduksjonen (Sale 1992). De fleste bevegelsene der høy power er ønskelig, som for eksempel stegavviklingen i et løp-steg i sprintløp på fotballbanen, blir utført svært hurtig, og derfor er det avgjørende hvor raskt vi klarer å aktivere muskelfibrene, og ikke minst hva som begrenser dette. Jo bedre evne til kraftutvikling og utvikling av power, desto høyere sprinthastighet på fotballbanen (Wisløff m.fl 2004). I forbindelse med styrketrening betyr dette at jo tyngre vektene blir, desto nærmere kommer vi terskelen for aktivisering av disse høyterskelenheterne. For utrente/nybegynnere vil dette være i området rundt 70% av maks muskelstyrke (en repetisjon maksimum, 1RM) i en spesifikk øvelse, mens for viderekomne vil terskelen for rekruttering øke til nærmere 85-90% av 1RM. Her synes det å være individuelle forskjeller (Kraemer&Ratamess 2004). Behm&Sale (1993) foreslår å bedre neurale tilpasninger gjennom maksimal styrketrening (MST). For å aktivere type II muskel fiberne som er med på å skape kraft så foreslår de arbeid opp mot (85-95%) av 1 RM (Behm&Sale 1993). Dette er en metode for å øke power som baserer seg på neural tilpasning i musklene (Behm&Sale 1993). “.....*The results suggest that the principal stimuli for the high-velocity training response are the repeated attempts to perform ballistic contractions and the high rate of force development of the ensuing contraction. The type of muscle action (isometric or concentric) appears to be of lesser importance.*” (Behm&Sale 1993). Schmidtbleicher&Bührle (1987) foreslår dynamiske bevegelser med få repetisjoner (3-7) Motstanden skal være fra (85-100%) av 1RM med eksplosive bevegelser. Dette kan føre til neural tilpasning med minimal hypertrofi (Behm 1995, Kraemer&Ratamess 2004). Studier over lengre tidsperioder viser at man oppnår midlertidig større aktivisering av nervesystemet (Schmidtbleicher&Bührle 1987). Dette oppnås etter tunge intensive belastninger, og en mulig virkemåte for dette er at trente utøvere blir i stand til å rekruttere de motoriske enhetene raskere (Schmidtbleicher&Bührle 1987). Det er likevel en tydelig grad av at jo bedre trent man er, desto tyngre må man trene sett i prosent av 1RM (Kraemer&Ratamess, Shield&Zhou 2004). Det er også viktig å rekruttere disse høyterskel motoriske enheter i en maksimal kontraksjon fordi de inneholder det største antallet muskelfibre (Enoka&Fuglevand 2001). Dette er i overensstemmelse med Hennemans størrelsesprinsippet ved rekruttering av motoriske enheter (Henneman m.fl 1965). Hvis utrente personer ikke klarer å aktivere alle motoriske enheter, er dette et potensial for neural

adapsjoner til styrketrening. Generelt er det liten mangel på full aktivisering, dermed ser det ut som at det er lite å hente på aktivisering/fyringsfrekvens, selv hos utrente personer. Forbedringspotensialet kan imidlertid være større dersom man måler evnen til maks kraftutvikling på kortest mulig tid (RFD).

Motoriske nerveceller er i stand til å fyre med dubletter (to tette aksjonspotensialer) og tripler (tre tette aksjonspotensialer) med frekvenser som er høyere enn det som er nødvendig for å oppnå maksimal isometrisk kraft. Ved slike kontraksjoner er det ikke uvanlig at man oppnår en fyringsfrekvens på 70-120 Hz på de 2-4 første signalene (Komi 2003, Folland&Williams 2007). Det man ofte ser er at kraften da stiger i starten av kontraksjonen. Aktivisering med slike frekvenser vil ikke øke den maksimale kraften, men ved en maksimal dynamisk kontraksjon (half squat) kan man oppnå den maksimale kraften tidligere (Komi 2003). Med slik "overfrekvens" øker man altså RFD (Fleck&Kraemer 2004). I tillegg til å regulere kraften i en kontraksjon ved å kontrollere antall motoriske enheter, brukes altså også fyringsfrekvensen til å regulere kraften i hver enkelt enhet (Komi 2003). Siden en økt RFD gjør at man når muskelens maksimalkraft raskere, er en økt RFD en viktig bidragsyter til en økt power i en dynamisk bevegelse (Fleck&Kraemer 2004). Det vil altså si at den maksimale power øker ved hjelp av nervesystemet via en fullstendig aktivisering av alle høyterskelenhetene og raskere økning av fyringsfrekvensen (Fleck&Kraemer 2004). Nevrale forhold/tilpasninger er derfor selektiv aktivisering av motoriske enheter, økt rekruttering av motoriske enheter, økt fyringsfrekvens gjennom motoriske enheter, og bedre koordinering av agonister, synergister og antagonister bedres gjennom styrketrening (Behm&Sale 1993, Hoff 2001).

Kraftutvikling blir altså begrenset av både muskulære og nevrale forhold, dermed er det viktig å ha kjennskap til nervesystemet og det muskulære systemet for å kunne forstå tilpasninger og effekten av styrketrening (Kraemer&Ratamess 2004, Stølen m.fl 2005). Deretter er spørsmålet om disse tilpasningene fra den gitte belastningen gir en gunstig effekt inn mot fotballspesifikke bevegelser.

1.6 Hvordan utnytte økt styrke, kraftutviklingshastighet (RFD) og power i fotballspesifikke bevegelser?

Et viktig spørsmål for fotballspillere er om tilpasningene til styrketrening gir en gunstig effekt inn mot fotballspesifikke bevegelser. Vil den økte evnen til kraftutvikling – og hastighet, som man tilegner seg gjennom styrketrening kobles direkte inn mot kraftkrevende utfordringer på banen som i en sprint?

I følge Kraemer&Ratamess (2004), må MST suppleres med plyometrisk trening i idrettsesifikt bevegelsesmønster for at effekten av styrketreningen skal kunne overføres til den idrettsesifikke bevegelsen. Adams m.fl (1992), Kotzamanidis m.fl (2005) og Tsimanidis m.fl (2010) har sett på effekten av å kombinere MST med sprinttrening. Her ser man at effekten av treningen bedres ved bruk av plyometrisk trening ved siden av den tunge styrketreningen. I Følge Morin m.fl (2011) er den gitte teknikk, og dermed retningen på kreftene, av stor betydning. Dette innebærer at trening som forbedrer evnen til styrkeproduksjon, slik som maksimal styrketrening (MST) bør kombineres med sport spesifikt sprint trening for å utnytte den forbedrede styrkeproduksjon til forbedret sprintprestasjon. Samspillet mellom ulike muskler virker som en begrensende faktor når man skal skape et moment i et ledd (Behm 1995). Samspillet mellom agonister, synergister og antagonister er en meget viktig faktor for den kraften som skapes når flere muskelgrupper er involvert gjennom en bevegelse som f.eks knebøy (Behm 1995). Agonister og synergister er flere muskler som samarbeider om å skape et moment over et eller flere ledd, mens antagonister tilsynelatende skal virke som om de motarbeider momentet (Behm 1995). Antagonistens aktivitet er alltid nødvendig for å stabilisere leddet, og kobles inn i riktig tidspunkt og med riktig kraft for å optimalisere forholdene over flere ledd (Behm 1995). I følge Schmidtbeicher&Haralambie (1981) kan ikke resultater av MST overføres direkte til bevegelsene i sprint fordi nervesystemet ikke kan lære eller kontrollere den nøyaktige styrken og samhandlingen mellom ulike muskelgrupper eller muskelmassen i raske bevegelser. Dermed må fremgangen av relevant maksimal styrke kunne overføres til de spesifikke bevegelsesmønstrene på fotballbanen før det har en positiv effekt for sluttresultatet (Hoff & Helgerud 2004, Wisløff mfl 2004, Hoff 2005 Stølen m.fl 2005). Både Kotzamanidis m.fl (2005) og Tsimanidis m.fl (2010) understreker dette ved å spekulere i, at gjennom å utføre sprinter rett etter MST øktene og at gjennom å utføre sprinter ved siden av styrketreningen vil overførbarheten av økt kraftutvikling optimaliseres. Dette støttes av Hamada m.fl (2000) og

Trimble&Harp (1998) som viser til en styrke stimuli i det nevro-muskulære etter MST først etter 5 min. Basert på dette konseptet er den optimale perioden 5-20 min etter MST økten (Chadwick m.fl 2001), denne styrke stimulien reduseres etter 20 min (Chadwick m.fl 2001). Dermed at spesifikk koordinasjon bedres parallelt med kraftutviklingen.

Men det finnes likevel studier som ikke finner forskjellig adaptasjon i spenst eller sprintprestasjon om man trener plyometrisk trening eller sprinttrening ved siden av den tunge styrketreningen eller ikke. Et av disse studiene er fra Rønnestad m.fl (2008) som ikke fant noen forskjell på tung styrketrening med eller uten tillegg av plyometrisk (spenst) trening for fremgang i hopp høyde og sprinttid. Det siste kan muligens skyldes at om man har nok repetisjoner av for eksempel hopp eller sprinter i sin vanlige trening, som eksempelvis fotballtrening, er det unødvendig å legge inn enda mer av dette i tillegg til styrketreningen. Toumi m.fl (2004) har tilsvarende funn hos håndballspillere. Deltakerne i studien til Rønnestad m.fl (2008) var eliteseriespillere i fotball som opprettholdt sine ukentlige fotballspilløkter gjennom intervensjonsperioden. Resultatene fra Rønnestad m.fl (2008) understøttes av resultater fra både Helgerud m.fl (2003), Hoff&Helgerud (2003) og Helgerud m.fl (2011), som kjørte nesten tilsvarende treningsprogram. Klubblag på internasjonalt nivå i fotball gjennomførte en 8 ukers styrkeintervensjon MST i tillegg til de ukentlige fotballtreningene, men det var ikke noe tillegg av spesifikk ekstra sprinttrening. Som effekt av MST bedret spillerne sine 1RM i half – squat, samt prestasjon i 10m, 30m og 40m sprint. Dette funnet tyder også på at fotballtrening i seg selv gir nok spesifikk sprinttrening til at gevinsten fra MST kan overføres til bedret sprintprestasjon. Et spørsmål er derfor om MST alene vil kunne være like effektivt som kombinasjonen av MST og sprinttrening for å bedre sprintprestasjon blant fotballspillere.

1.7 Problemstilling

I dette studiet ønsker vi å kunne gi noen flere svar på effekten av MST for fotballspillere relatert til Akselerasjonshurtighet. Siden fotballspillet i seg selv inneholder både korte sprinter, retningsforandringer og hopp, ønsket vi å se nærmere på om maksimal styrketrening alene – som et supplement til den vanlige fotballtreningen gir bedre løpshurtighet hos fotballspillerne. Vi ønsket også å se på om spesifikk sprinttrening i tillegg til MST gir en ytterligere effekt på løpshurtigheten. Siden fotballspillere og trenere alltid ønsker å bruke minst mulig tid på annet enn spesifikk fotballtrening, fant vi det også interessant å se på hvor lite MST som er tilstrekkelig for å oppnå bedring i løpshurtigheten.

Både tidligere – og nyere forskning (Helgerud m.fl 2003, Hoff&Helgerud 2003, Kotzamanidis m.fl 2005 Rønnestad m.fl 2008, Tsimanidis m.fl 2010, Helgerud m.fl 2011, Rønnestad 2011) er enig om at det MST øker utøverens maksimal styrke, og at denne fremgangen må suppleres med eksplosive øvelser i form av sprint eller fotballtreninger. Videre virker det som at de er uenige om hvilken rolle tidspunktet på de plyometriske øvelsene i forhold til MST økten spiller og mengden av plyometrisk stimuli som trengs for å stimulere muskulaturen i optimal grad, for å optimalisere effekten av styrke økningen over på hurtigheten.

Målet med studiet er derfor å søke svar på i hvilken grad hurtigheten til fotballspillere kan bedres gjennom tung styrketrening og å sammenligne effekten av ulike treningsprogrammer. Vil styrketrening føre til økt hurtighet? Vil to ganger MST i uka kontra en gi bedre effekt og tilslutt, vil det å kombinere styrketreningen med sprinter øke effekten av treningen?

2. METODE

2.1 Utøvere

47 norske, moderat til godt trente mannlige fotballspillere mellom 18-28 år fra to forskjellige fotballklubber meldte seg frivillig til å delta i forsøket (Tabell 2.1). De er fotballspillere fra samme prestasjonsnivå (3. divisjon, Norge) og har utført i gjennomsnitt 3-4 fotballøkter i uken de siste årene. De ble klubbvis fordelt inn i en av tre treningsgrupper, samt en kontrollgruppe. Det ble så sjekket at spillerne matchet med tanke på alder, kroppsvekt og styrke (1RM i half-squat). ST2 (n=10) Utførte MST to ganger i uken uten ekstra sprinttrening i tillegg til 3-4 fotball økter i uken. ST2+S (n=8) utførte et sprinttreningsprogram to ganger i uken i tillegg til det samme treningsopplegget som ST2. ST1 (n=7) trente MST en gang i uken, samt de vanlige fotballtreningene. KON (n=22) gjennomførte kun sine vanlige fotballtreninger 3-4 ganger i uken. Denne gruppen er mer enn dobbel så stor som hver av intervensjonsgruppene, dette kommer av at alle spillerne på begge lag bidro til studiet, men ikke all ønsket å delta i intervensjonen. Studien ble godkjent av regional etisk komité (REK) for Helse Sørøst, og av de to fotballklubbene spillerne representerte. Studien har også blitt utført i samsvar med de etiske standarder i Helsinki-deklarasjonen. Utøverkarakteristikkene er vist i tabell 2.1.

Gruppe	Antall (n)	Nivå (divisjon)	Alder	Vekt
KON	22	Norsk 3. div	23 ± 4	77 ± 7
ST2	10	Norsk 3. div	22 ± 3	77 ± 6
ST2+S	8	Norsk 3. div	21 ± 2	79 ± 8
ST1	7	Norsk 3. div	21 ± 2	80 ± 8

TABELL 2.1: For alder og vekt er verdiene gjennomsnitt ± standard avvik. KON = Kontrollgruppe. ST2 = MST to ganger i uken. ST2+S = MST og sprinttrening. ST1 = MST en gang i uken.

Alle som var med i undersøkelsen deltok frivillig og skrev under på et skriv som bekreftet dette. Alle utøverne ble informert over forsøkets innhold og informert om mulige risikoer ved å delta i forsøket. Følgende inklusjons - og eksklusjons kriterier ble fulgt:

- Alle spillerne som var med måtte være over 18 år
- Intervensjonsgruppene måtte ha et oppmøte på minimum 70 % av treningsøktene, det vil si 12 av 16 økter.
- Ingen av spillerne skulle ha trent knebøy 3 måneder før pretest

- Ingen av spillerne skulle ha vært syk eller skadet frem til to uker før pretest
- Hvis noen i gruppene måtte utebli fra treningsperioden i mer enn 1 uke, pga skader eller sykdom, ville de bli ekskludert fra det statistiske materialet

2.2 Testing

Alle gjennomførte pre- og posttest i både hurtighet (10m og 40m), maksimal styrke (1RM) og peak power (W), i den rekkefølgen. Testingen ble lagt innen en uke før intervensjonsperioden og innen en uke etter.

Dag 1: Spillerne gjennomførte en standardisert oppvarming før sprint testen. De jogget først i 15 minutter i moderat hastighet. Oppvarmingen inneholdt også submaksimale stigningsløp og 2-3 · 20-40 meters maksimale løp. Testene foregikk i to forskjellige haller for de to forskjellige lagene, men hver enkelt spiller gjennomførte pre- og posttest i samme hall, og med samme fotballsko. Fotoceller (JBL system, Oslo, Norway) ble benyttet for å teste hurtighet hos disse fotballspillerne. Fotoceller og reflekser ble brukt både ved mål (40m) og ved mellomtiden (10m). Utøverne selv bestemte når de skulle starte i en stillestående start uten tilløp og med samlet bein, som ble markert 50 cm foran startmatten. Fotosensorene ved mellomtiden og mål ble plassert ved skulderhøyde. Alle utførte minst 3 og maks 5 løp med minst 3 minutter pause mellom hvert løp. Det beste løpet på 10m og 40m ble registrert og brukt til resultatet.

Dag 2: Dag 2 ble spillerne testet 1RM i knebøy (90°) og peak Power i Smithmaskin. De gjennomførte en standardisert spesifikk oppvarming bestående av 2 sett med gradvis økning av belastning (50-70- 85 % av forventet 1RM) og synkende antall repetisjoner (10-6-3) (protokoll etter Bahr m.fl 1991). For å sikre riktig knevinkel i pre- og posttest for alle utøverne, ble utøverens knebøy først sjekket med gradskive, så registrert i lengdesensoren i MuscleLab (Ergotest Technology, Langesund, Norway) og til slutt individuelt merket på pre-test på Smithmaskinen. Dermed måtte utøverne nå sin individuelle dybde i post-testen for å få løftet godkjent. Det første forsøket på 1RM ble utført med en belastning på 50 % under estimert 1RM belastning. Etter hvert godkjent løft, ble belastning økt med 5-10 % til utøveren ikke klarte å løfte belastningen med akseptabel løfteteknikk. Hvileperioden mellom hvert forsøk var 3 minutter. Variasjonskoeffisient for test-retest reliabilitet for denne testen har vist seg å være mindre enn 2 % (Paulsen m.fl 2003). Rett etter at spillerne har testet 1RM, syklet de i 10 minutter med lav belastning. Smithmaskin ble benyttet ved oppkobling til MuscleLab

for testing av Power. MuscleLab måler hastigheten i løftet og arbeidsveien. Ved hjelp av kraften (vekten som løftes), hastigheten på løftet og arbeidsveien, ble Power regnet ut av Muscle Lab – systemet. Maksimal mobilisering og dermed løftehastighet ved 50 % av 1RM på pretesten ble brukt som belastning på pre- og posttesten ved måling av peak Power.

2.3 Trening

Periode	KON	ST2	ST2+S	ST1
Tilpasningsperiode (2 uker)	Fotball treninger (3-4 ganger i uken)	Fotball treninger (3-4 ganger i uken)	Fotball treninger (3-4 ganger i uken)	Fotball treninger (3-4 ganger i uken)
		Half squat (1·10-12RM)	Half squat(1·10-12RM)	Half squat (1·10-12RM)
Pretest	Pretest	Pretest	Pretest	Pretest
Intervensjonsperiode (8 uker)	Fotball treninger (3-4 ganger i uken)	Fotball treninger (3-4 ganger i uken)	Fotball treninger (3-4 ganger i uken)	Fotball treninger (3-4 ganger i uken)
		Half squat (4·4RM) (2 ganger i uken)	Half squat (4·4RM) (2 ganger i uken) Sprinttrening (3·10m, 3·20m, 3·40m) (2 ganger i uken)	Half squat (4·4RM) (1 gang i uken)
Posttest	Posttest	Posttest	Posttest	Posttest

TABELL 2.2: Trening. KON = Kontrollgruppe. ST2 = MST to ganger i uken. ST2+S = MST og sprinttrening. ST1 = MST en gang i uken.

I de to siste ukene før pretest gjennomførte alle spillerne en to ukers tilvendingsperiode til knebøy (se tabell 2). Dette ble gjort dels av sikkerhetshensyn og dels for å minske læringseffekten fra pre- til posttest. En slik tilvendingsperiode er i samsvar med anbefalinger i Kraemer&Ratamess (2004). Før hver styrkeøkt utførte alle en generell oppvarming, der belastningen gradvis økte. Sykling eller jogging i 10 minutter, 8-10 RM på ca 50 % av antatt 1RM kilo, 6-8 RM på ca 70% av antatt 1 RM kg, 4-6 RM på 130 kg.

Etter pretest gjennomførte ST2 MST i form av half squat 4 sett av 4RM med 3 min pause mellom hvert sett to ganger i uka de neste 8 ukene. Basert på Behm&Sale (1993) sine funn om at forsøk på høy hastighet gir samme effekt på power som faktisk høy hastighet i løftene,

ble styrketrening gjennomført med vekt på maksimal mobilisering i konsentrisk fase med høy ytre belastning (4 RM). ST2+S kjørte tilsvarende treningsopplegg, men med tillegg av sprinttrening gjennomført som 3 · 10 m, 3 · 20 m og 3 · 40 m, med 3 minutters seriepause to ganger i uka over 8 uker. Spillerne ble oppfordret til å utføre hvert løp med maksimal intensitet for optimalt resultat. Denne treningen ble foretatt i etterkant av de vanlige fotballtreningene. ST1 trente MST kun en gang i uken i tillegg til de ordinære fotballtreningene. En vanlig treningsuke for både kontrollgruppe og treningsgruppene består av 3-4 fotball økter med varighet på 90-120 minutter som berører hele aspektet av spillet (fysisk, psykisk, teknisk og teknisk). Etter den 8 uker lange intervensjonsperioden gjennomførte alle gruppene identiske posttester.

2.4 Statistiske analyser

Alle statistiske analyser ble gjennomført i SPSS, versjon 15.0 (Statistical package for social science, Chicago, USA). Data ble testet for normalitet ved bruk av QQ-plott, og funnet normalfordelt både for sprint, styrke- og Power - resultater. Dermed er deskriptiv statistikk presentert som gjennomsnitt og standard avvik. For å se på forskjeller fra pre- til posttest i den enkelte gruppe er parrede T-tester benyttet. Videre ble ANOVA with Tukey Post Hoc Test benyttet for å se på forskjeller i fremgang mellom gruppene. Signifikansnivå ble satt til $p < 0,05$. Korrelasjoner ble målt ved hjelp av Pearson correlation tests.

3. RESULTATER

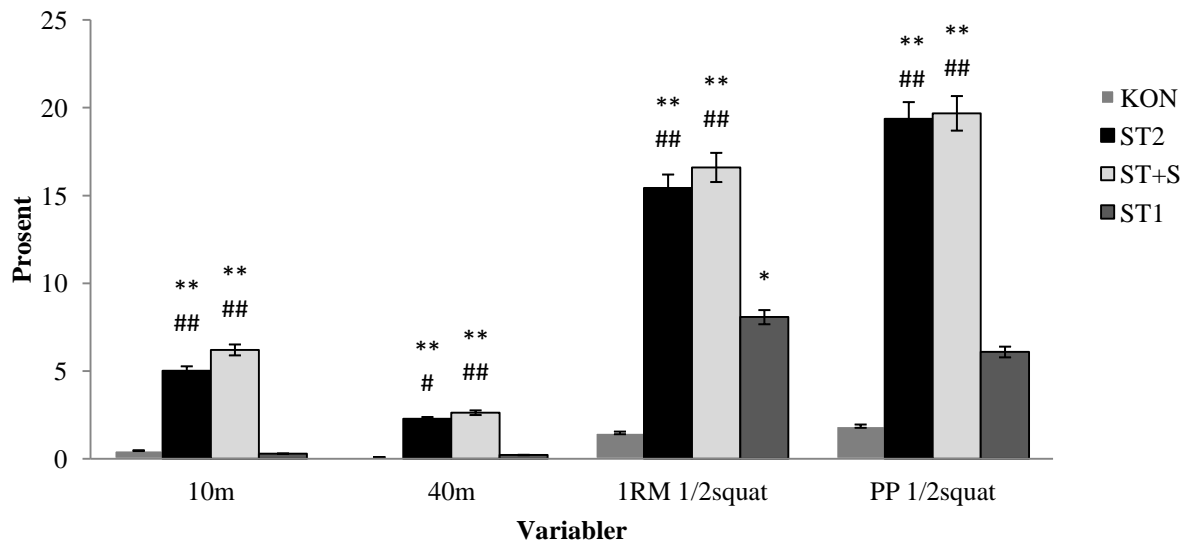
3.1 Resultater av 1RM, Power 10- og 40m sprint

Etter denne 8 ukers lange intervensjonen ble det funnet signifikant forbedringer i 1RM (15,4%, 16,6 %), power (19,3%, 19,7%), 10m (5,0%, 6,2%) – og 40m (2,6%, 2,7%) sprint hos utøverne i henholdsvis ST2 og ST2+S (figur 3.1). Det ble ikke funnet forandring på noen av testvariablene mellom ST2 og ST2+S fra pre til post test (Figur 3.1 og tabell 3.1). Ingen signifikant forbedring ble funnet hos KON fra pre- til posttest på noen av testvariablene, mens ST1 viser forbedring i 1RM (8%), men denne forbedringen er signifikant mindre enn den som ble funnet hos ST2 og ST2+S (Tabell 3.1). Både ST2 og ST2+S viser signifikant bedre fremgang på alle testvariablene enn KON og ST1. Det var ingen signifikante forandringer på vekten til spillerne i hverken kontrollgruppen eller treningsgruppene under treningsperioden. Under den 8 uker lange intervensjonen fullførte spillerne i de tre intervensjonsgruppene minst 70 % av øktene

TABELL 3.1: Pre- og post test verdiene for sprint, 1RM og maksimal power

Variabler	Tester	KON	ST2	ST2+S	ST1
Sprint tid 0-10m	Pre	1,77 ± 0,07	1,72 ± 0,06	1,76 ± 0,08	1,74 ± 0,07
	Post	1,76 ± 0,07	1,63 ± 0,06**	1,65 ± 0,04**	1,74 ± 0,05
Sprint tid 0-40m	Pre	5,45 ± 0,16	5,26 ± 0,20	5,38 ± 0,15	5,39 ± 0,15
	Post	5,45 ± 0,17	5,13 ± 0,20*	5,24 ± 0,14*	5,38 ± 0,14
1RM (Kg) 1/2squat	Pre	169 ± 14	186 ± 19	185 ± 24	181 ± 39
	Post	173 ± 18	214 ± 27**	215 ± 22**	194 ± 32*
PP (W) 1/2squat	Pre	1234 ± 120	1249 ± 138	1293 ± 132	1191 ± 145
	Post	1259 ± 139	1454 ± 174**	1543 ± 114**	1259 ± 120
Vekt (Kg)	Pre	76,9 ± 7,5	76,8 ± 5,4	78,8 ± 7,9	79,6 ± 7,6
	Post	76,4 ± 6,7	76,7 ± 5,4	78,1 ± 7,3	79,9 ± 7,8

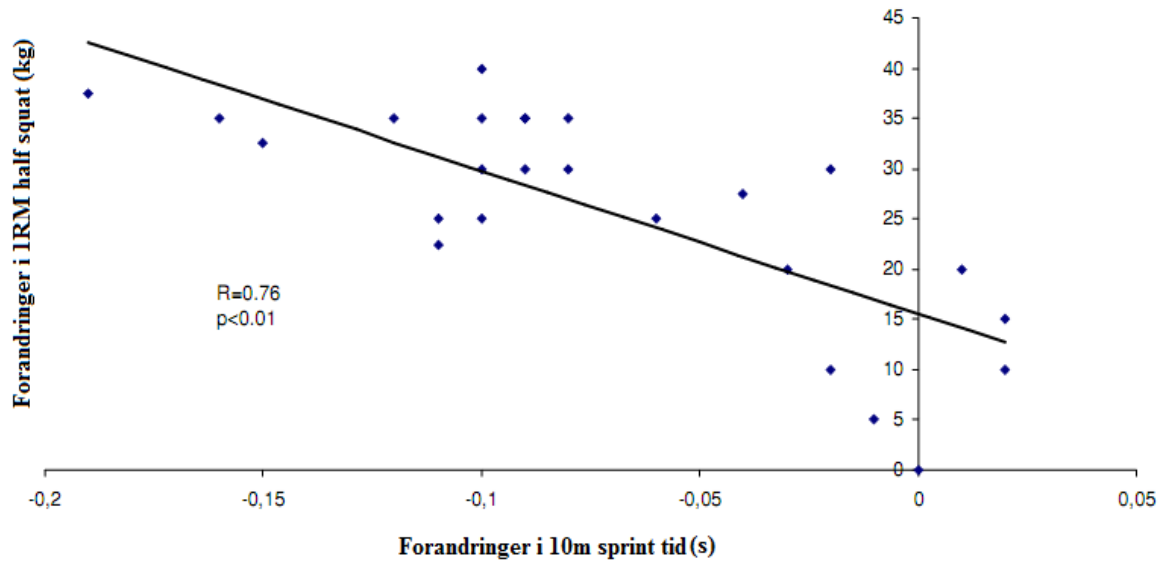
KON = Kontrollgruppe. ST2 = MST to ganger i uken. ST2+S = MST og sprinttrening. ST1 = MST en gang i uken. 1RM. *p<0,05 signifikant fremgang fra pretest. **p<0,01 signifikant fremgang fra pretest.



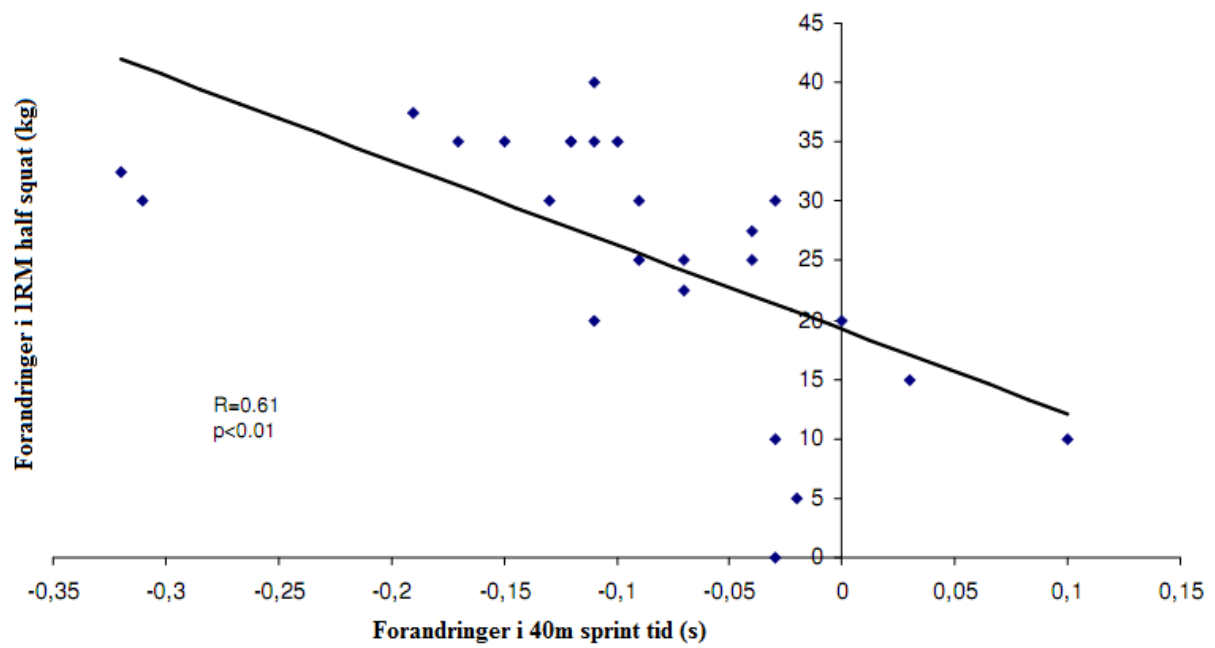
FIGUR 3.1: Prosentvis fremgang av 1RM, peak power og sprint prestasjon. KON = kontrollgruppe, ST2 = MST to ganger i uken, ST1 = MST en gang i uken, ST+S = MST to ganger i uken, samt sprinttrening. * $p < 0,05$ forbedring fra KON. ** $p < 0,01$ forbedring fra KON. # $p < 0,05$ forbedring fra ST1. ## $p < 0,001$ forbedring fra ST1

3.2 Korrelasjoner

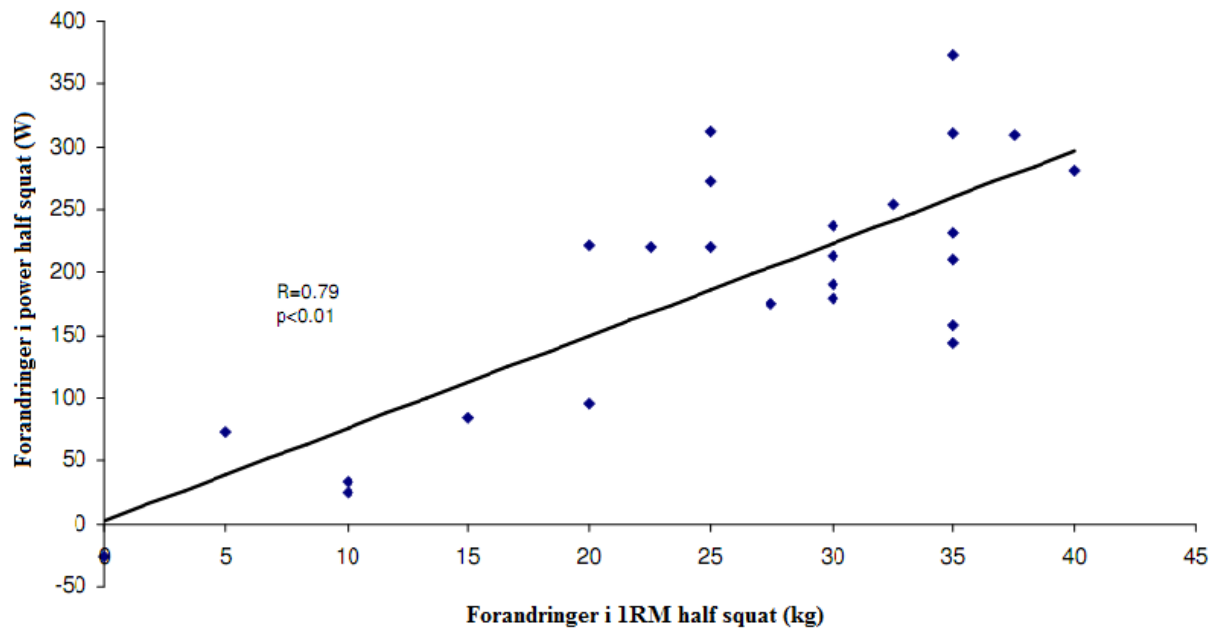
Blant de tre intervensjonsgruppene, ble sterke ($p < 0,01$) korrelasjoner funnet mellom forbedringene i 1RM og fremgangen i 10m ($R = 0,76$) og 40m ($R = 0,61$) sprint prestasjon (figur 3.2 og figur 3.3). Det ble også funnet en signifikant ($p < 0,01$) korrelasjon mellom fremgangen i 1RM og forbedringene i power ($R = 0,79$) (figur 3.4). Blant alle gruppene ble det funnet moderat ($R = 0,41$), men signifikant ($p < 0,01$) korrelasjon pre test mellom relativ 1RM (1RM delt på kroppsvekt opphøyet i eksponenten 0,67) og 10m sprint prestasjon (figur 3.5).



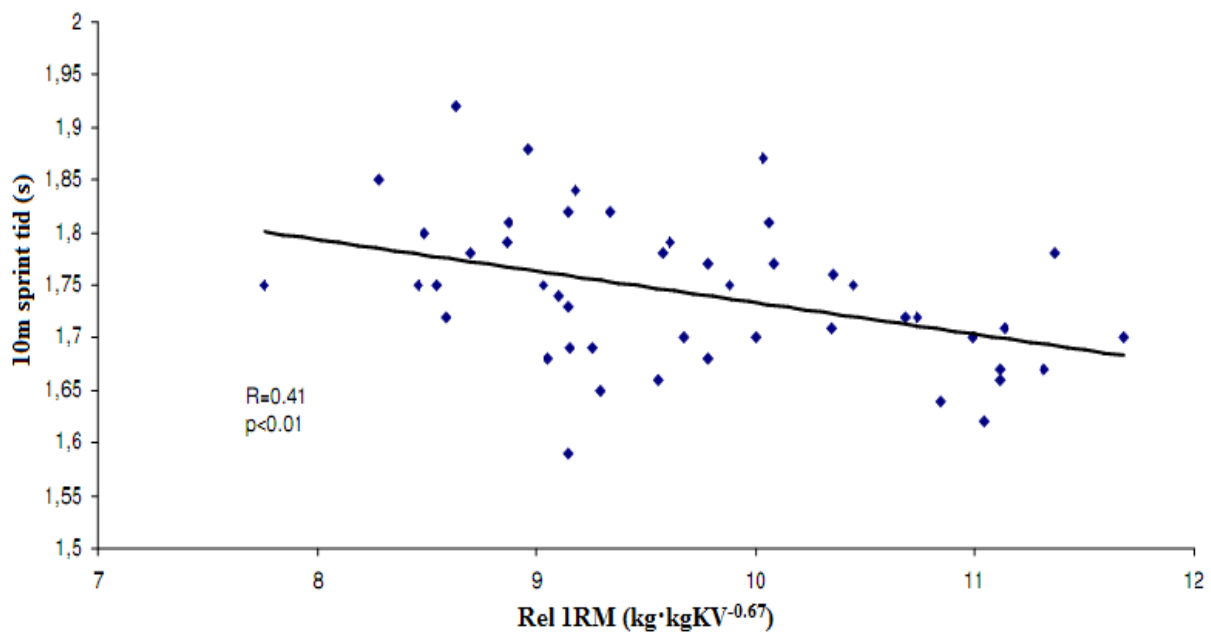
Figur 3.2: Korrelasjon mellom forandringene i 1RM half squat og 10m sprint tid



Figur 3.3: Korrelasjon mellom forandringene i 1RM half squat og 40m sprint tid



Figur 3.4: Korrelasjon mellom forandringer i 1RM half squat og power half squat



Figur 3.5: Korrelasjon mellom relativ 1RM half squat (1RM delt på kg kroppsvekt opphøyd 0,67) og 10m sprint tid.

4. DISKUSJON

Hovedfunnene i dette studiet viser at MST to ganger i uka over 8 uker bedret 1RM, power, og 10 og 40 meter sprint signifikant, og like mye som MST og sprinttrening to ganger i uka. MST en gang i uken viste seg å ikke være nok til å oppnå fremgang i power eller sprinttid. Studiet viste også korrelasjon mellom økt styrke og bedre hurtighet og power.

4.1 1RM og Power

Treningseffekten av MST på 1RM i dette studiet på 15-17% samsvarer med funnene til, Helgerud m.fl 2003, Hoff&Helgerud 2003, Wisløff m fl 2004, Hoff 2005, Rønnestad m fl 2008, , Helgerud m.fl 2011 og Rønnestad 2011). Dette studiets fremgang på 15-17% forbedring på 1RM er noe lavere enn man ser i lignede studier med 25% fremgang (Rønnestad m.fl 2008), 35% (Helgerud m.fl 2003), 34% (Hoff&Helgerud 2003), 35% (Helgerud m.fl 2011) I likhet med Helgerud m.fl (2003) og Helgerud m.fl (2011) utførte disse MST to ganger i uka, mens Hoff&Helgerud (2003) og Rønnestad m.fl (2008) gjennomførte tre treningsøkter i uka. Ser man på de ulike studienes resultater indikerer dette at fremgangen i dette studiet ikke er tilfeldig. Den gjennomsnittelige fremgangen i dette studiet var 1 % per MST økt, mens Hoff&Helgerud (2003), Helgerud m.fl (2003) Rønnestad m.fl (2008) og Helgerud m.fl (2011) fikk mellom 1-3% fremgang per MST økt. Resultatene indikerer at MST en gang i uka kan være nok til å bedre 1RM, men i signifikant mindre grad (8 %) enn MST to ganger i uka. Disse funnene samsvarer også med Rønnestad m.fl (2011) som fant at MST en gang i uka er nok til å vedlikeholde styrke, mens MST to ganger i uka vil gi fremgang i 1RM. Dette indikerer også at MST er en effektiv måte å øke 1RM på. Dette understøttes av Campos m.fl (2002) og Kraemer&Ratamess (2004) som fant MST mer effektivt enn utholdende styrketrening (> 15 RM) eller hypertrofitrening (8 – 15 RM) for å øke 1RM. I vårt studie viser vi også at fremgang i 1RM følges av en tilsvarende fremgang i power. Studiet viser en fremgang på 19% power i half - squat i begge treningsgruppene som trente to ganger i uka med MST, uavhengig av om gruppene hadde med sprinttrening ved siden av eller ikke. At fremgangen i 1RM følges av økt power er naturlig siden power bestemmes av kraft, arbeidsvei og arbeidstid. Det er ikke grunn til å anta at MST med maksimal mobilisering skulle forkorte arbeidsvei eller øke arbeidstid, snarere tvert i mot. Når da evnen til kraftutvikling er forbedret (økt 1 RM), er det naturlig at power økes omtrent tilsvarende. Dette understøttes også av Hoff (2004) som forklarer en økning i power etter økt

prestasjon i 1 RM med at økt absolutt styrke ofte ledsages av økt relativ styrke, og at økt relativ styrke betyr at du kan løfte raskere en gitt vektbelastning (inkludert egen kroppsvekt) eller løfte en større vektbelastning like raskt. Gruppen som kun trente MST en gang i uken fikk en signifikant fremgang i 1RM (signifikant mindre forbedring enn de to andre gruppene), men ikke i power eller sprint. At MST en gang i uken ikke tilstrekkelig til å bedre power er på linje med resultater fra Rønnestad m.fl (2011).

4.2 Løpstad på 10m og 40m sprint

I dette studiet er det vist fremgang etter både MST alene og etter MST i kombinasjon med sprinttrening på 10- og 40m sprintprestasjon på henholdsvis ca 6 % og ca 3 % i begge gruppene. Det ble også funnet en signifikant korrelasjon mellom fremgang i 1RM og fremgang i sprintprestasjon. Dette er i samsvar med tidligere studier som Hoff&Helgerud (2003), Helgerud m.fl (2003) og Rønnestad m.fl (2008). Både Hoff&Helgerud (2003), Helgerud m.fl (2003) og Rønnestad m.fl (2008) viser også i sine studier 4-6% forbedring på 0-10m sprint og samtlige viser 2% fremgang på 0-40m sprint. Her ser man at dette studiet har en bedre sprintfremgang enn blant annet Helgerud m fl (2011), dette selv om styrkefremgangen er mindre i dette studiet. Her spekulerer forfatterne selv i at fremgangen kunne vært bedre om ikke utøverne kom hjem fra treningsleir to dager før posttest. Spillerne klagde på stølhet i muskulatur, som muligens påvirket resultatet av testen. Stølhet i beinmuskulatur vil i følge Helgerud m.fl (2011) normalt påvirke resultatet av høyintensitetsarbeid som sprint.

I vårt studie så man før treningsperioden en moderat korrelasjon mellom relativ 1RM half – squat (antall kg ytre vektbelastning delt på kroppsvekt opphøyd i 0,67) og tiden på 10 meter. I motsetning til Wisløff m.fl (2004) som finner korrelasjon mellom 1RM og tiden på 30 meter, finner vi i dette studiet ingen direkte korrelasjon mellom 1RM og tiden på 40 meter. En årsak til dette kan være at 40 m er 10 m lenger sprint, akselerasjonsfasen er over for mange og kanskje derfor er det forskjell på 30 og 40m. En annen mulig forklaring på dette er at mens spillerne i Wisløff m.fl (2004) var av internasjonal standard, var spillerne i dette studiet av Norsk 3 divisjons standard. Slik kan det spekuleres i at spillerne i Wisløff m.fl (2004) er nærmere å utnytte sitt maksimale sprintpotensial enn våre 3 divisjonsspillere. Det er naturlig å tro at kravene til høy hastighet på sprintene på trening og i kamp øker med økende nivå på den serien man spiller i og økende nivå på laget man spiller på (Wisløff m.fl 1998) likevel

finner man i dette studiet en signifikant korrelasjon mellom økt 1RM og power og økt sprinthurtighet på både 10 og 40 meter. Disse funnene støttes av flere studier som viser til en god korrelasjon mellom styrke og hurtighet (Delecluse 1997, Harris m.fl 2000, Hoff&Helgerud 2003, Helgerud m.fl 2003, Wisløff m.fl 2004, Kotzamanidis m.fl 2005, Stølen 2005, Rønnestad m.fl 2008). En viktig forklaring til dette kan være newtons 2. lov, som sier at et legemes akselerasjon er lik størrelsen på resultatkraften som virker på legemet, delt på legemets masse. Dermed er det nærliggende å anta at en økt styrke vil gi økt hurtighet i akselerasjonsfasen, enten direkte eller indirekte via økt power. Dette gjør det også nærliggende å anta at MST er den viktigste årsaken til forbedringen i hurtighet i studiet. At gruppen som trente sprint i tillegg til MST ikke fikk en større fremgang i sprint enn gruppen som bare trente MST, er med å støtte denne teorien. Dette studiet og blant annet Rønnestad m.fl (2008) sitt studie indikerer at vanlige fotballtreninger gir nok stimuli til at den økte styrke og power etter MST kan utnyttes som økt hurtighet. Det kan dermed se ut til at sprinttrening i tillegg for fotballspillere ikke hjelper til ytterligere fremgang på sprint. Dette skyldes i følge Morin m.fl (2011), som peker på at MST må kombineres med sprinttrening for å bedre sprinthastighet blant sprintere, at evnen til å koordinere nerve – muskelsystemet, og dermed sette inn kreftene på rett sted, med riktig retning, til rett tid, og med riktig kontroll av motarbeidende antagonister, kun kan trenes gjennom det idrettsspesifikke bevegelsesmønsteret. I følge Schmidtbleicher&Haralambie (1981) kan ikke resultater av MST overføres direkte til bevegelsene i sprint fordi nervesystemet ikke kan lære eller kontrollere den nøyaktige styrken og samhandlingen mellom ulike muskelgrupper eller muskelmassen i raske bevegelser kun gjennom MST i for eksempel half - squat. Dermed må fremgangen av relevant maksimal styrke kunne overføres til de spesifikke bevegelsesmønstrene på fotballbanen før det har en positiv effekt for sluttresultatet. Når flere muskelgrupper er involvert gjennom en bevegelse, skal altså også agonistene og synergistene kobles inn i riktig tidspunkt og med riktig kraft for å optimalisere forholdene over flere ledd (Behm 1995).

Resultatene fra dette studiet står dermed i kontrast til resultater fra Kotzamanidis m.fl (2005), Tsimanidis m.fl (2010). Kotzamanidis m.fl (2005) og Tsimanidis m.fl (2010) har vist en signifikant fremgang i hurtighet etter en kombinasjon av MST og plyometrisk trening uten ekstern belastning rett etter MST økten. Her pekes det på nødvendigheten av å kombinere MST med plyometrisk trening under MST økten eller i Kotzamanidis m.fl (2005) 5-20 min etter MST økten for å oppnå den ønskede effekten. Dette støttes av Hamada&Sale (2000) og Trimble&Harp (1998) som viser i deres forskning til en post nevro-muskulær styrketrenings

stimuli. Basert på disse funnene mener Chadwick (2001) at den mest optimale perioden å introdusere muskulaturen til eksplosive øvelser er 5-20 min etter MST økten.

Våre resultater støtter imidlertid Rønnestad m.fl (2008) som fant at plyometrisk trening uten ekstern belastning i tillegg til MST ikke er nødvendig for å oppnå signifikant fremgang i hurtighet dersom det spilles fotball i intervensjonsperioden (Rønnestad m.fl 2008). Dette kan muligens forklares med at spillerne har fått nok sprinter gjennom sine vanlige fotballspilløkter til å stimulere denne prosessen i stor nok grad. På denne måten tar fotballtreningene over for sprinttreningene som er av avgjørende betydning for resultatene i Kotzamanidis m.fl (2005) og Tsimanidis m.fl (2010). Lignende funn er rapportert hos franske håndballspillere. Håndballspillerne utførte standard håndballtrening tre ganger i uken i løpet av en seks ukers intervensjonsperiode, i tillegg til fire økter i uken med kombinert styrke og plyometrisk trening eller bare styrketrening (Toumi m.fl 2004). Ingen signifikante forskjeller i hopp høyde mellom de to intervensjonsgruppene ble observert (Toumi m.fl 2004). Dermed kan det være naturlig å anta at hos utøvere som har en treningshverdag som inkluderer plyometriske og eksplosive bevegelser (håndball, volleyball og fotball) kan den totale mengden plyometrisk stimuli være så stor under de faste lagøktene, at det ikke nødvendigvis gir noen ytterligere fordeler å kombinere et tung styrketrening regime med ytterligere plyometriske øvelser i motsetning til styrketrening alene. Dette støttes av nyere forskning (Helgerud m.fl 2011) som viser til fremgang i både 10- og 40m sprint, uten å supplere med sprinttrening ved siden av fotballøktene.

4.3 Konklusjon

Maksimal styrketrening utført som half - squat to ganger i uka i 8 uker forbedret 1RM, power og sprintprestasjonen til fotballspillerne i samme grad som en kombinasjon av maksimal styrketrening og sprinttrening. Treningsgruppene med 2 MST økter i uka oppnådde en fremgang på 15-17% i 1RM, 18-19% i Power, ca 6% på 10 meter og ca 3% på 40 meter. Dermed ble det ingen signifikant forskjell på de to treningsgruppene (ST2 og ST2+S). Maksimal styrketrening en gang i uka bedret verken power eller sprintprestasjonen.

4.4 Praktiske implikasjoner

Resultatene i studiet viser at maksimal styrketrening minimum to ganger i uken kan være et effektivt hjelpemiddel for fotballspillere som ønsker å forbedre løpshurtigheten sin.

Resultatene viser også at det gir noen ekstra gevinst med ekstra sprinttrening i tillegg til den maksimale styrketreningen dersom vanlig fotballspilltrening opprettholdes. Dette kan være tidsbesparende og bidra til at fotballspillerne kan bruke mer tid på å spille fotball og mindre tid på å løpe uten ball.

5 LITTERATURLISTE

Adams K, O'Shea JP, O'Shea KL & Climstein M (1992). the effects of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *J Appl. Sports sci.* 6. 36-41

Andersen JL & Aagaard P (2000). Myosin heavy chain IIX overshoot in human skeletal muscle. *Muscle Nerve*. Copenhagen Muscle Research Centre, Department of Molecular Muscle Biology;23(7):1095-104.

Andersen JL, Klitgaard H & Saltin B (1994). Myosin heavy chain isoforms in single fibres from m. vastus lateralis of sprinters: influence of training. August Krogh Institute, University of Copenhagen, Denmark. *Acta Physiol Scand* ;151(2):135-42.

Andersen LL, Andersen JL, Magnusson SP, Suetta C, Madsen JL, Christensen LR & Aagaard P (2005). Changes in the human muscle force-velocity relationship in response to resistance training and subsequent detraining. Institute of Sports Medicine Copenhagen/Team Danmark Testcenter, Bispebjerg Hospital, and Copenhagen Muscle Research Center, Rigshospitalet, Copenhagen, Denmark 1;99(1):87-94

Bangsbo J (1994). The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. August Krogh Institute, University of Copenhagen, Denmark. *Acta Physiol Scand Suppl* ;619:1-155.

Bangsbo J, Nørregaard L & Thorsø F (1991). Activity profile of competition soccer. August Krogh Institute, Copenhagen, Denmark. *Can J Sport Sci.* ; 16(2):110-6.

Bahr R, Hallaèn J & Medbø JI (1991). Testing av idrettsutøvere. Universitetsforlaget, Oslo.

- Behm DG (1995). Neuromuscular implications and applications of resistance training. *J Strength Cond Red.* 9: 264-274
- Behm DG & Sale DG (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Med.* 15: 374-388
- Bouchard C, Simoneau JA, Lortie G, Boulay MR, Marcotte M & Thibault MC (1986). Genetic effects in human skeletal muscle fiber type distribution and enzyme activities. *Can J Physiol Pharmacol.* 64(9):1245-51.
- Campos GE, Luecke TJ, Wendeln HK, Toma K, Hagerman FC, Murray TF, Ragg KE, Ratamess NA, Kraemer WJ & Staron RS (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. Department of Biomedical Sciences, College of Osteopathic Medicine, Ohio University, Irvine Hall, rm 430, Athens, OH 45701, USA. *Eur J Appl Physiol*;88(1-2):50-60. Epub 2002 Aug 15.
- Carroll TJ, Abernethy PJ, Logan PA, Barber M & McEniery MT (1998). Resistance training frequency: strength and myosin heavy chain responses to two and three bouts per week. Department of Human Movement Studies, The University of Queensland, Brisbane, Australia. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 78(3):270-5.
- Chadwick SJ, Fry AC, Weiss LW, Li Y & Kinzey SJ (2001). The effects of high-intensity exercise on a 10-second sprint cycle test. Human performance laboratories, the university of Memphis. Tennessee 38152, USA. 15: 344-348
- Dawson B, Fitzsimons M, Green S, Goodman C, Carey M & Cole K (1998). Changes in performance, muscle metabolites, enzymes and fibre types after short sprint training. Department of Human Movement, The University of Western Australia, Nedlands, Australia. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*;78(2):163-9.
- Delecluse C (1997). Influence of strength training on sprint running performance. Current findings and implications for training. Department of kinesiology. Faculty of physical education and physiotherapy, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium. 23(3): 147-156
- Enoka RM & Fuglevand AJ (2001). Motor unit physiology: some unresolved issues. *Muscle Nerve.* 24, 4-17.

Fitts R.H & Widrick J.J (1996). Muscle mechanics: adaptations with exercise-training . *Exerc Sport Sci Res* 24; 427-473

Folland JP & Williams AG, (2007). The adaptations to strength training : morphological and neurological contributions to increased strength. School of Sport and Exercise Sciences, Loughborough University, Loughborough, UK. *Sports Med*, 37(2):145-68.

Gerson ER, Campos GE, Luecke TJ, Wendeln HK, Toma K, Hagerman FC, Murray TF, Ragg KE, Ratamess NA, Kraemer WJ & Staron RS (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. Department of Biomedical Sciences, College of Osteopathic Medicine, Ohio University, Irvine Hall, rm 430, Athens. *Eur J Appl Physiol.*;88(1-2):50-60.

Goldspink G (1985). malleability of the motor system: a comparative approach. *J. Exp. Biol.* 115, 375-391

Granados C, Izquierdo M, Ibanes J, Ruesta M & Gorostiaga EM (2008). Effects of an entire season on physical fitness in elite female handball players. *Med Sci Sports Exerc*; 40(2): 351-361

Harris G, Stone H, O'Bryant M, Proulx MC & Johnsen R (2000). Short term performance effects of high power, high force or combined weight-training methods. *J Strength Cond Red.* 14: 14-20

Hakkinen K, Komi P.V & Alen M (1985). 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.

Hamada T, Sale DG, Macdougall JD & Tarnopolky MA (2000). Postactivation potentiation, fibertype and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *J. Appl. Physiol.* 88; 2131-2137

Helgerud J, Kemi OJ & Hoff J (2003). Pre-seson concurrent strength and endurance development in elite soccer players Physiological Consideration Faculty of medicine, Norwegian University of Science and Technology. Trondheim, NTNU. 55-66

Helgerud J, Rodas G, Kemi OJ & Hoff J (2011). Strength and endurance in elite football players. *Int J Sports Med*

Henneman E, Somjen G & Carpenter D (1965). Functional significance of cell size in spinal motorneuron. *J. Neurophysiol.* 28, 560-580

Hoff J (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. department of circulation and medical imaging. Faculty of medicine, Norwegian university of science and technology. Trondheim, Norway. 23(6) 573-582

Hoff J & Helgerud J (2004). Endurance and Strength Training for soccer Players. Physiological Consideration Faculty of medicine, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway. 34(3): 165-180

Hoff J & Helgerud J (2003). Maximal strength training enhances running economy and aerobic endurance performance. In J. Hoff & J. Helgerud (Eds), football (soccer): New developments in physical training research. Trondheim, NTNU; 39-55

Hoff J, Helgerud J & Wisløff U. (2002). Endurance training into the next millennium: Strength training effects on aerobic endurance performance: A review. *Am J Med Sports.* 4; 58-67

Holme IM & Solvang BK (2004). Metodevalg og metodebruk. Tano Achehoug. AIT Otta AS. Norway. 4: 153

Jones K, Bishop P, Hunter G & Fleisig G (2001). The effect of varying resistance-training loads on intermediate- and high-velocity-specific adaptations. *J. Strength Cond. Res.* 15, 349-356

Kent M (2006). Oxford dictionary of sports science & medicine. 2nd edition. Oxford university press.

Komi PV (2003). Strength and power in sport. The international federation of sports medicine.

Komi PV (1986). Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic, and mechanical factors. *Int J Sports Med.* 1:10-5

Komi PV, Viitasalo JH, Havu M, Thorstensson A, Sjödin B & Karlsson J (1977). Skeletal muscle fibres and muscle enzyme activities in monozygous and dizygous twins of both sexes. *Acta Physiol Scand.* 100(4):385-92.

- Kotzamanidis C, Chatzopoulos D, Michailidis C, Papaiakevou G & Patikas D (2005). The Effect of a Combined High-Intensity strength and Speed training Programs on the Running and Jumping ability of soccer players. Department of Physical Education and Sport Science, Aristotle University, Thessaloniki, Greece. 19(2): 369-375
- Knuttgen HG & Kraemer WJ (1987). Terminology and measurement in exercise performance. J Appl. Sports Sci. 1: 1-10
- Kraemer WJ & Ratamess NA (2003). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. Human Performance Laboratory, Department of Kinesiology, University of Connecticut, Storrs, CT, USA. 36(4): 674-688
- Little T & Williams AG (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. Sport, Health and Exercise, Staffordshire University, Stoke-on-Trent, Staffordshire, UK J Strength Cond Res.;19(1):76-8.
- Macdougall, Wenger & Green (1991). Testing of the high performance athlete 2nd edition. Testing strength and power
- McArdle, Katch & Katch, 2001. Exercise physiology. Energy, nutrition and human performance 5th edition.
- McDonagh MJN & Davis CTM (1984). Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. Eur. J Appl. Physiol. 52; 139-155
- McMillan K, Helgerud J, Macdonald R & Hoff J (2005). Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. Glasgow Celtic Football Club, Medical Department, 95 Kerrydale Street, Glasgow G40 3RE, UK. Br J Sports Med. 39(5):273-7.
- Mero A & Komi PV (1987). Electromyographic activity in printing at speed ranging from submaximal to supermaximal. Med Sci Sports Exerc. 19 (3) 266-274
- Mohr M, Krustup P & Bangsbo J (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. J Sports Sci. 21(7): 19-28
- Morin JB, Edouard P & Samozino P (2011). Technical Ability of Force Application as a Determinant Factor of Sprint Performance. Med Sci Sports Exerc; Feb 28 (Epub ahead of print)

Mujika I, Santisteban J & Castagna C (2009). In-season effect of short-term sprint and power training programs on elite junior soccer players. USP Araba Sport Clinic, Vitoria-Gasteiz, Basque Country, Spain. *J Strength Cond Res.* 23(9):2581-7.

Nardone A, Romano C & Schieppati M (1989). Selective recruitment of high threshold motor units during voluntary isotonic lengthening of active muscles. *J Physiol.* Milano, Italy. 409: 451-471

Paulsen G, Myklestad D & Raastad T (2003). The influence of volume of exercise on early adaptations to strength training. Laboratory of Exercise Physiology, Norwegian University of Sport and Physical Education, N-0806 Oslo, Norway. *J Strength Cond Res*;17(1):115-20.

Raastad T (2005) Fysiologisk adaptasjoner til styrketrening, utg 4, s. 1-92. Norges idrettshøgskole, Oslo.

Ricoy JR, Encinas AR, Cabello A, Madero S, Arenas J (1998). Histochemical study of the vastus lateralis muscle fibre types of athletes. *J Physiol Biochem.* 54(1):41-7.

Ross RE, Ratamess NA, Hoffman JR, Faigenbaum AD, Kang J & Chilakos A. (2009). The effects of treadmill sprint training and resistance training on maximal running velocity and power. *J Strength Cond Res*; 23(2): 385-94

Rønnestad BR, Kvamme NH, Sunde A & Raastad T (2008). Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. Faculty of Social Science, Lillehammer University College, Lillehammer, Norway. 22(3): 773-780

Sale DG (1992). Neural adaptations to strength training. In: Komi, P.V. Ed. *Strength and power in sports.* Blackwell Science LTD. London. 249-265

Sale, D & MacDougall, D. (1981). Specificity in strength training, a review for the coach and athlete *Canadian Journal of applied sports science*, 6, 87-92.

Schiaffino S, Gorza L, Sartore S, Saggin L, Ausoni S, Vianello M, Gundersen K & Lømo T (1989). Three myosin heavy chain isoforms in type 2 skeletal muscle fibres. Institute of General Pathology, University of Padova, Italy. *J Muscle Res Cell Motil*;10(3):197-205.

Schmidtbleicher D & Buhle M (1987). Adaptions and increase of cross-sectional area studying different strength training methods. *Biomechanics XB Champaign Human Kinetics.* 615-20

- Schmidtbleicher D & Gollhofer A (1991). Specific methods of strength training also in rehabilitation Institut für Sportwissenschaften, Universität Frankfurt. Sportverletz Sportschaden ;5(3):135-41.
- Schmidtbleicher D & Haralambie G (1981). Changes in contractile properties of muscle after strength training in man. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 46(3):221-8.
- Siegel JA, Gliders RM, Staron RS & Hagerman FC (2002). Human muscle power output during upper-and lower-body exercise. J Strength. 16: 173-178.
- Staron RS, Malicky ES, Leonardi MJ, Falkel JE, Hagerman FC & Dudley GA (1990). Muscle hypertrophy and fast fiber type conversions in heavy resistance-trained women. Department of Zoological and Biomedical Sciences, College of Osteopathic Medicine, Ohio University, Athens 45701. Eur J Appl Physiol Occup Physiol;60(1):71-9.
- Stone M.H, O'Bryant H.S, McCoy L, Coglianese R, Lehmkuhl M & Schilling B (2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. J. Strength Cond. Res. 17, 140-147
- Stølen T, Charmairi K, Castenga C & Wisløff U (2005). Physiology of soccer. Human Movement Science Section, Faculty of Social Sciences and Technology Management, Norwegian University of Science and Technology. Trondheim, Norway. 35 (6)501-536
- Tesch PA, Thorsson A & Kaiser P (1984). Muscle capillary supply and fiber type characteristics in weight and power lifters. J Appl Physiol. 56(1):35-8.
- Tesch PA & Karlsson J (1985). Muscle fiber types and size in trained and untrained muscles of elite athletes. J Appl Physiol. 59(6):1716-20
- Toigo M & Boutellier U (2006). New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. Institute of Human Movement Sciences, and Institute of Physiology, ETH Zurich, and University of Zurich, Y23 K 12, Winterthurerstrasse 190, 8057 Zurich, Switzerland. Eur J Appl Physiol.97(6):643-63.
- Trimble MH & Harp SS (1998). Post-exercise potentiation of the H-reflex in humans. Med. Sci. Sports Exerc. 36; 933-941
- Tsimahidis K, Galazoulas C, Skoufas D, Papaiakovou G, Bassa E, Patikas D & Kotzamanidis C, (2010). The effect of sprinting after each set of heavy resistance training on the running

speed and jumping performance of young basketball players. Laboratory of Coaching and Sport Performance, Department of Physical Education and Sport Science, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece. *J Strength Cond Res.* 24(8):2102-8.

Toumi H, Best TM, Martin A & Poumarat G (2004). Muscle plasticity after weight and combined (weight+jump) training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26: 1580-1588

Williamson DL, Gallagher PM, Carroll CC, Raue U & Trappe SW (2001). Reduction in hybrid single muscle fiber proportions with resistance training in humans. Human Performance Laboratory, Ball State University, Muncie, Indiana 47306, USA. *J Appl Physiol*; 91(5):1955-61

Wilson GJ, Newton RU, Murphy AJ & Humphries BJ (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. Centre For Human Movement Science and Sport Management, University of New England-Northern Rivers, Nsw Australia. 25: 1279-1286

Wisløff U, Castanga C, Helgerud J, Jones R & Hoff J (2004). Strong correlation of maximal squat Strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *BMJ Publishing Group Ltd & British Association of Sports and Exercise Medicine.* 38: 285-288

Wisløff U, Helgerud J & Hoff J (1998). Strength and endurance of elite soccer players. Department of Physiology and Biomedical Engineering, Faculty of Medicine, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim. *Med Sci Sports Exerc*; 30(3):462-7

Åstrand PO, Rodahl K, Dahl HA & Strømme SB (2003). Textbook of work physiology: physiological bases of exercise 4th edition. Human Kinetics