

**Georg Dyngeland**

# Effekten av Nordic Hamstring og Stegserier på hurtighetsprestasjon hos unge fotballspillere

Endring av hurtighetsprestasjon og styrke etter 5 ukers styrke- og spensttrening

**Masteroppgave i idrettsvitenskap**  
Seksjon for fysisk prestasjonsevne  
Norges idrettshøgskole, 2013



# 1. Sammendrag

I denne masteroppgaven har jeg sett på effekten av Nordic Hamstring (NH) og Stegserier (SS) på hurtighetsprestasjon hos unge fotballspillere. Det har tidligere blitt vist at plyometrisk trening har hatt en positiv effekt på hurtighetsprestasjon. Fokuset i de plyometriske øvelsene har vært på vertikal forflytning eller en kombinasjon av vertikal og horisontal forflytning. Dette er den første studien som ser på effekten av horisontal plyometrisk trening alene. Nordic Hamstring har tidligere vist seg å være effektiv i å redusere risikoen for hamstringstrekk og bedre hamstringstyrke. I tillegg har eksentrisk trening av hamstring ført til en bedring av maksimal hurtighetsprestasjon.. Studien ble gjennomført som et randomisert kontrollert studie. 16 unge fotballspillere ( $17,1 \pm 1$  år,  $175,5 \pm 8,7$  cm,  $68,7 \pm 8,4$  kg) gjennomførte 5 ukers SS-, NH-trening eller fungerte som ikke-trenende kontroll.

Deltakeren ble testet på 40m sprint og isometrisk og dynamisk knefleksjon og ekstensjonsstyrke. NH-treningen bestod av 1-3 økter per uke, 1-3 serier og 6-12 repetisjoner. SS-treningen bestod av 1-3 økter per uke, 3-7 serier og 4-8 repetisjoner. Dette ga en total treningsmengde på 354 hopp i løpet av den 5 uker lange intervensjonen.

NH og SS-treningen førte til en moderat effekt på hurtighetsprestasjon sammenlignet med kontrollgruppen ( $-0,09 \pm 0,15$  og  $-0,05 \pm 0,08$ ). Trening førte også til en moderat økning i isometrisk knefleksjonsstyrke ( $13,67 \pm 4,62$  Nm og  $18,25 \pm 2,06$  Nm). I tillegg ble det funnet en signifikant sammenheng mellom økning i isometrisk knefleksjonsstyrke ved  $20^\circ$  og økning i hurtighetsprestasjon på de ti siste meterne av 40m sprint ( $r = 0,7$   $p = 0,017$ ).

Denne oppgaven indikerer at trening av NH og SS kan føre til en moderat økning i hurtighetsprestasjon og isometrisk og dynamisk fleksjon styrke. I tillegg er oppgaven med på å understreke forskjellen i muskelbruk i de ulike sprintfasene.

# Innhold

1. Sammendrag .....	0
2. Forord.....	4
1.0. Introduksjon .....	5
2.0. Teori .....	8
2.1 Styrketrening .....	11
2.1.1 Treningsvariabler .....	11
2.2 Adaptasjon til styrketrening.....	12
2.2.1 Fysiologiske endringer .....	12
2.2.2 Endringer i prestasjon.....	14
2.3 Kontraksjonsform .....	15
2.3.1 Økning i muskellengde.....	16
2.3.2 Endring av som følge av økt muskellengde .....	16
2.3.3 Nordic Hamstring .....	17
2.4 Plyometrisk trening.....	18
2.4.1 Adaptasjon til plyometrisk trening.....	20
2.4.2 Fysiologiske endringer .....	20
2.4.3 Prestasjonsendringer.....	22
2.5 Oppsummering .....	24
3. Metode .....	25
3.1 Deltakere.....	25
3.2 Testing .....	25
3.2.1 40 meter sprint.....	25
3.2.2 Sekundær sprint test .....	26
3.2.3 Dynamisk og isometrisk styrketest .....	27
3.3 Trening.....	28
3.4 Statistikk .....	29

4. Resultater: .....	30
5. Diskusjon .....	35
5.1 Hurtighet .....	35
5.2 Styrke.....	38
5.3 Begrensende faktorer .....	40
6. Konklusjon.....	42
7. Referanse Liste.....	43
8. Figurliste .....	55
9. Tabelliste.....	56
10. Vedlegg: .....	57

## 2. Forord

Bakgrunnen for denne oppgaven er min store interesse for skadeforebygging og utvikling av fysisk kapasitet innenfor fotball. Jeg mener at en av de viktigste forutsetningene for å lykkes som fotballspiller er en solid fysisk plattform. I norsk fotball og spesielt ved trening av yngre utøvere er kompetansen til trener begrenset og i stor grad basert på dugnadsånd. Det blir benyttet en rekke treningsøvelser med liten tanke på hvordan disse øvelsene påvirker utøveren. Jeg ville derfor undersøke effekten av to mye brukte øvelser innenfor fotball med tanke på å utvikle hurtighet.

Mye av teoriene som eksisterer innenfor fotball, er basert på forskning som er gjennomført på eldre utøvere. Det er ikke gitt at anvendelse av disse teoriene på yngre utøver vil gi samme effekt. Derfor vil denne studien presentere funn fra treningspåvirkning av unge utøver.

Oppgaven har som hensikt å sette fokus på bruken av Nordic Hamstring og Stegserier som trygge treningsøvelser med tanke på skadeforebygging og prestasjonsforbedring.

Protokollen i denne oppgaven har blitt utarbeidet i tett samarbeid med mine veiledere Eystein Enoksen og Truls Raastad, og jeg vil i den anledning takke for et fint samarbeid og verdifull veiledning til denne oppgaven. I tillegg vil jeg takke alle forsøkspersonene som deltok i studien, og Lillestrøm Sportsklubb for en fantastisk innsats og et godt samarbeid gjennom intervensjonsperioden.

Til slutt vil jeg takke Toppidrettssenteret (Olympiatoppen) for tilrettelegging og assistanse i forbindelse med testing.

## 1.0. Introduksjon

Fotball er en sport som karakteriseres av at utøverne i perioder arbeider med høy intensitet etterfulgt av perioder med gange eller lav intensitet. En spiller tilbakelegger mellom 10-12 km i løpet av en kamp (Bradley et al., 2009; Mohr, Krustup, Andersson, Kirkendal, & Bangsbo, 2008a), av den totale distansen blir mellom 250-500 meter gjennomført med høy intensitet. Det er hevdet at antall høyintensitet løp er en god indikator på nivå i fotball (Bradley, Di, Peart, Olsen, & Sheldon, 2010a; Mohr et al., 2008a). I tillegg har det vist seg at lineær sprint er den mest frekvente aksjonen forut for et mål i fotball for både spilleren som er sist og nest sist på ballen. På bakgrunn av dette vil spillere som er eksplosive og har høy toppfart favoriseres i fotball.

Det eksisterer en rekke studier som har dokumentert sammenhengen mellom både styrke og hoppvariabler og hurtighetsprestasjon (Chelly et al., 2010a; Kale, Asci, Bayrak, & Acikada, 2009; Newman, Tarpenning, & Marino, 2004; Requena, Garcia, Requena, de Villarreal, & Cronin, 2011; Nesser, Latin, Berg, & Prentice, 1996).

Nordic Hamstring trening har tidligere vist seg å redusere risikoen for hamstringsstrekk hos fotballspillere (Arnason, Andersen, Holme, Engebretsen, & Bahr, 2008). I tillegg har øvelsen vist seg å være effektiv i å øke styrken i hamstringsmuskulaturen (Mjolsnes, Arnason, Osthagen, Raastad, & Bahr, 2004). Bakgrunnen for den skadeforebyggende effekten er uviss, men kan antagelig relateres til økningen i styrke.

Det er ingen studier som har sett på effekten av NH-trening på hurtighet og det kan derfor tenkes at trening av denne øvelse vil føre til en reduksjon i hurtighet. Dette kan igjen være med på å forklare den skadeforebyggende effekten.

Nesser et al., (1996) fant at hamstringsstyrken viste stor sammenheng med hurtighetsprestasjon på 40 meter sprint. I tillegg har Delecluse et al., (1997) vist et økende bidrag fra hamstringsmuskulaturen ved økende lengde på en sprint. Askling et al., (2003) har funnet at eksentrisk trening av hamstringsmuskulaturen har ført til en økning i maksimal løpshurtighet. Den dokumenterte effekten av eksentrisk stryketrening av hamstringsmuskulaturen på hurtighet (Askling, Karlsson, & Thorstensson, 2003), NH-trening effekt på styrke (Mjolsnes et al., 2004) og betydningen av hamstringsstyrke på sprintprestasjon (Nesser et al., 1996; Delecluse, 1997) indikerer at trening med Nordic

Hamstring kan føre til en økning av hurtighetsprestasjon. Et av målene med denne studien var derfor å undersøke effekten av NH-trening på hurtighetsprestasjon.

Plyometrisk trening er en mye benyttet metode for å forbedre eksplosive muskelaksjoner og herunder sprintprestasjon (Luebbers et al., 2003; Meylan & Malatesta, 2009; Chelly et al., 2010b; Saez de Villarreal, Requena, Izquierdo, & Gonzalez-Badillo, 2013). Plyometrisk trening er trening som aktiverer strekk-forkortningssyklusen (SSC), i hovedsak benyttes hopplignende øvelser med kroppsvekten som belastning (Markovic & Mikulic, 2010). SSC øker muskel-senesystemet sin evne til å produsere maksimal kraft på kortest mulig tid, på grunn av dette er plyometrisk trening regnet som et binneledd mellom rå styrke og sportsspesifikk hurtighet (Chmielewski, Myer, Kauffman, & Tillman, 2006).

Tidligere har studier som har undersøkt effekten av plyometrisk trening på hurtighet benyttet seg av øvelser med fokus på vertikal forflytning (Saez de Villarreal, Gonzalez-Badillo, & Izquierdo, 2008; Chelly et al., 2010b) eller en kombinasjon av vertikal og horisontal forflytning (Luebbers et al., 2003; Meylan & Malatesta, 2009). På tross av dette hevedes det at plyometrisk trening som har som hensikt å bedre sprintprestasjonen i stor grad bør inneholde øvelser med fokus på horisontal forflytning (Saez De Villarreal, Requena, & Cronin, 2012). Noe av argumentasjonen bak en slik påstand kan relateres til treningsprinsippet om spesifisitet. Bevegelseslikheten mellom sprint vil være større hvis den plyometriske treningen har fokus på horisontal forflytning.

Stegserier er en plyometrisk øvelse som har fokus på horisontal forflytning. Denne øvelsen har store likhetstrekk med femstegstesten benyttet i Nesser et al., (1996). De fant en god sammenheng med resultatene i femstegstesten og hurtighetsprestasjon på 40meter sprint. På bakgrunn av dette er det rimelig å anta at trening med Stegserier vil kunne bedre sprintprestasjonen. Derfor er det andre målet med denne studien å undersøke effekten av Stegserier på hurtighetsprestasjon.

Hofteleddsstrekkerne og knestrekkerne er de to muskegruppene som i størst grad bidrar til fremdriften i en sprint, i tillegg vil muskler som hofteledds bøyerne, knebøyerne og plantarfleksorene være aktive i løpet av en sprint (Nytrø, Enoksen, & Hetland, 1988). Delecluse et al., (1997) demonstrerte et økende bidrag fra knefleksorene ved økende distanse i en 40m sprint, mens det ble observert en motsatt trend for bidraget til knefleksorene og



plantarfleksorene. Nordic Hamstring er en øvelse som har som hensikt å bedre styrke i hamstringsmuskulaturen, mens Stegserier på sin side i hovedsak vil utsette hofte- og knestrekkerne for et stort stress.

På bakgrunn av dette har jeg utformet følgende hypoteser:

*Trening med Nordic Hamstring vil føre til en bedring av hurtighetsprestasjon på 40 meter sprint, hoveddelen av forbedringen vil finne sted de 10 siste meterne av 40meteren.*

*Trening med Stegserier vil føre til en bedring av hurtighetsprestasjon på 40 meter sprint, hoveddelen av forbedringen vil finne sted de 5-10 første meterne av 40meteren.*

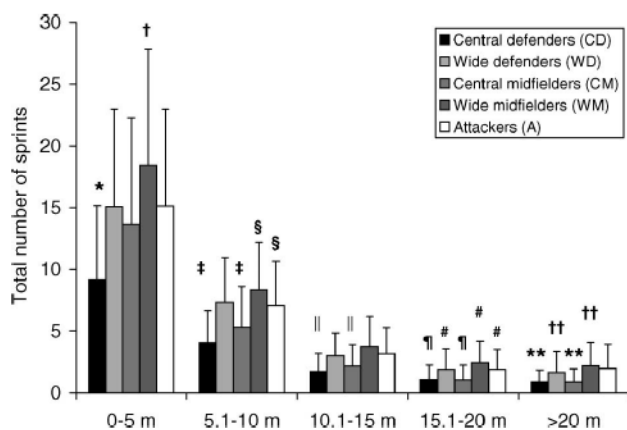
Det vil i tillegg til hurtighetstester bli gjennomført styrketester av knefleksjon og ekstensjon. Følgende hypoteser vil bli testet i henhold til NH og SS sin effekt på styrke.

*NH vil føre til en økning av styrke i knefleksjon.*

*SS vil føre til en økning av styrke i kneekstensjon.*

## 2.0. Teori

Fotball er karakterisert som perioder hvor spillere arbeider med svært høy intensitet etterfulgt av gange eller løp med lav intensitet. Gjennomsnittlig tilbakelegger en fotballspiller mellom 10-12 km i løpet av en fotballkamp (Bradley, Di, Peart, Olsen, & Sheldon, 2010b; Mohr, Krustup, Andersson, Kirkendal, & Bangsbo, 2008b). Av den totale distansen utgjør sprinter 251-264m og 380-460m for henholdsvis menn og kvinner (Mohr et al., 2008b; Bradley et al., 2010b). Di Salvo (2010) analyserte antall sprinter gjennomført under UEFA Champions League og UEFA Cup og fant et høyere antall sprinter gjennomført av ving, spiss og backer sammenlignet med sentrale midtbane- og forsvarspillere. Den totale sprintdistansen i de analyserte kampene var  $205 \pm 108$ m. Forskjellen i sprintdistanse mellom studiene kan skyldes forskjell i målemetode og ulike hastighetsgrenser. Hoveddelen av sprintene i en fotballkamp har en lengde på mindre enn 5,1 meter og antallet sprinter reduseres med økende lengde (Figur 1) (Di Salvo et al., 2010).



Figur 1: Antall sprinter i UEFA Champions League og UEFA Cup matches fordelt på distanse. Hentet fra Di Salvo et al., (2010) fig.2 s.4.

har vært innom høyintensitetssonen 0,5 sekunder før utøveren når sprinthastighet. I denne studien ble sprint definert som hastighet over 25,2 km/t.

Som vi ser utgjør ikke sprinter mer enn 2-5 % av den totale distansen en spiller tilbakelegger i løpet av en kamp. Selv om sprinter utgjør en relativt liten andel av en fotballkamp er det ofte i disse situasjonene at en kamp blir avgjort. Faude, Koch, & Meyer (2012) identifiserte sprint uten retningsforandring som den mest frekvente aksjonen som forekom forut for et mål i

Forholdet mellom gradvise og eksplosive sprinter ligger mellom 76-78 % og 22-24 % avhengig av spillerposisjon (Di Salvo et al., 2010). Her blir eksplosive sprinter definert som sprinter med en maksimal akselerasjon uten å komme innom det som er definert som en høyintensitetszone. En gradvis sprint blir karakterisert som en sprint med en gradvis akselerasjon hvor utøveren

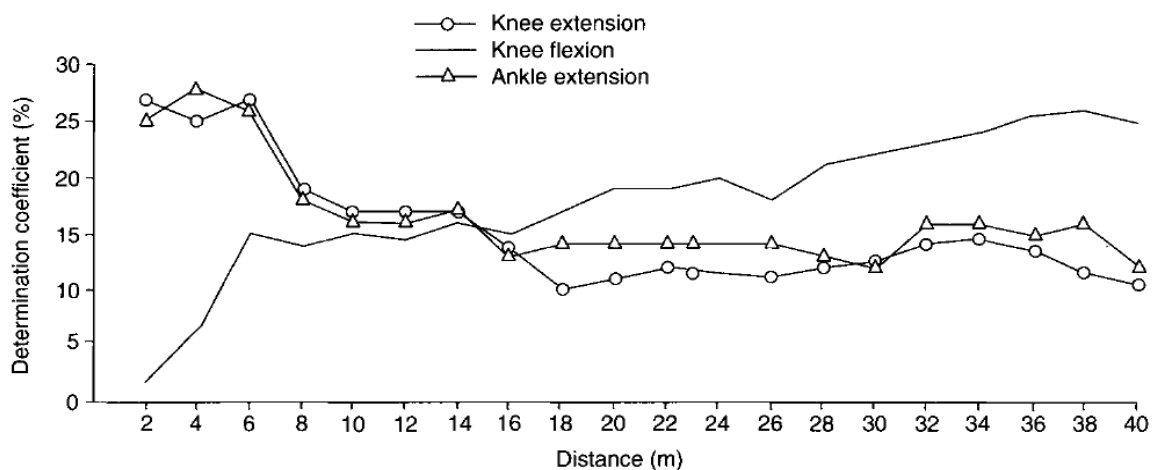
fotball spilleren som var sist og nest sist på ballen i en kamp. En rask spiss vil lettere kunne løpe fra et forsvar i bakrom, mens en hurtig midtbanespiller i flere tilfeller vil vinne en løpsduell. Ved å redusere løpstiden på 40 meter med en tidel fra 5,0 til 4,9 sekunder, vil en spiller øke løpsdistansen sin i en tre sekunders sprint med en halv meter. Denne halvmeteren vil kunne utgjøre forskjellen på om spilleren vinner eller taper en løpsduell. Fotball har utviklet seg til å bli en sport der man favoriserer spillere som er eksplosive og har stor løpsakselerasjon og høy toppfart. Det vil derfor være ønskelig for hovedtrener og fysisk trener benytte effektive metoder for å bedre disse sentrale egenskapene.

En rekke studier har sett på sammenhengen mellom eksplosive muskelaksjoner og sprintprestasjon (Castillo-Rodriguez, Fernandez-Garcia, Chinchilla-Minguet, & Carnero, 2012; Chelly et al., 2010a; Kale et al., 2009; Requena et al., 2011; Nesser et al., 1996). Øvelsene 1 RM knebøy og isokinetisk knefleksjon har vist seg å ha god sammenheng med sprintprestasjon (Chelly et al., 2010a; Requena et al., 2011; Castillo-Rodriguez et al., 2012). I tillegg viser undersøkelser at sprintprestasjon korrelerer godt med både vertikal og horisontal spensttester (Kale et al., 2009; Nesser et al., 1996). Disse resultatene indikerer at det er flere treningsmetoder som kan være hensiktsmessig med tanke på å forbedre hurtigheten. Nesser et al., (1996) undersøkte utvalgte bestemmende fysiologiske faktorer for prestasjon på 40 meter sprint hos unge mannlige sprintere. Analysen identifiserte femstegstest, maksimalt dreiemoment ved isokinetisk knefleksjon 7,85 rad/sekund og plantarfleksjon i ankelen ved 1,05 rad/sekund som mest avgjørende faktorer for sprintprestasjon. Dette er med på å underbygge viktigheten av styrke- og spensttrening som et metodisk verktøy for å bedre hurtigheten, men det er viktig å presisere at én treningsform ikke vil påvirke alle fasene i et sprintløp på samme måte.

Sprintløp blir ofte delt inn i en akselerasjonsfase, maksimal hastighetsfase og deakselerasjonsfase (Mero, Komi, & Gregor, 1992). De ulike fasene har ulikt bevegelsesmønster og krever derfor ulik muskelbruk. I en 100 meter sprint vil underekstremitetene arbeide som et stempel i akselerasjonsfasen, og gjennomføre en pendellignende bevegelse i den maksimale hastighetsfasen. Smirniotou et al., (2008) observerte en trend til en reduksjon i korrelasjonene mellom knebøyhopp og hastighet fra de første ti meterne til de siste 40m på en 100m sprint (0,629 – 0,503). Knebøyhopp er en øvelse som tester den relative kraftproduksjonen i kne-, hofte og ankelstrekkere. Disse resultatene understreker viktigheten av å mobilisere stor kraft i strekkapparatet tidlig i en sprint. Dette blir

bekreftet av Newman, Tarpinning og Marino (2004) som fant en korrelasjon på  $-0,714$  mellom isokinetisk kneekstensjon ved  $240^\circ/\text{sek}$  og akselerasjonsfasen (0-10m) i 20 meter sprint.

Ved kortere sprinter vil styrken i strekkapparatet være avgjørende for sprintprestasjon, men allerede ved 40m sprint er det observert en høyere korrelasjon mellom isokinetisk knefleksjon ved  $7,85 \text{ rad/sek}$  og sprinttid sammenlignet med isokinetisk kneekstensjon ved  $7,85 \text{ rad/sek}$  og sprinttiden (Nesser et al., 1996). Delecluse (1997) undersøkte endringen i muskelbruk gjennom 40meter sprint og fant en reduksjon i bidraget til kne- og ankelstrekkerne de første 16-18meterne, mens bidraget fra hamstringsmuskulaturen fra start til slutt i 40metersløpet.



Figur 2: Bestemmende korrelasjonskoeffisient mellom 40m sprint og tre styrketest resultater: kneekstensjon ( $200/\text{sek}$ ), ankelekestensjon ( $200/\text{sek}$ ) og knefleksjon ( $65/\text{sek}$ ). Det ble gjennomført en korrelasjonsanalyse per andre meter i løpet av 40meteren. Figur hentet fra Delecluse (1997) fig.2 s.4.

Dette indiker viktigheten av sterk hamstringsmuskulatur i lengre sprintdrag. En sammenfatting av resultatene over tyder på at man bør trene spesifikt på den fasen av sprinten man ønsker å påvirke, og at en økning i løpshurtighet kan skje gjennom trening av en fase eller begge fasene. Hoveddelen av sprintene som gjennomføres i løpet av en fotballkamp har en lengde på under 15 meter (Di Salvo et al., 2010), men det er også sprinter med lengre distanse. Viktigheten av disse sprintene er store og kan ha avgjørende betydning for kamputfall. Det er derfor viktig at en utøver har stor evne til akselerasjon og høy toppfart.

## **2.1 Styrketrening**

Styrketrening defineres som all trening som er ment å utvikle eller vedlikeholde vår evne til å skape størst mulig kraft ved en spesifikk eller forutbestemt hastighet (Raastad, Paulsen, Refsnes, Rønnestad, & Wisnes, 2010). Styrketrening er et vanlig innslag i treningshverdagen i de fleste idretter. Variasjonen i styrketreningsprogram er stor og variablene som kan manipuleres for å oppnå ønskelig effekt, er mange.

### **2.1.1 Treningsvariabler**

Responsen på styrketrening bestemmes i stor grad av variasjonen i sammensetningen av ulike treningsvariabler. De vanligste treningsvariablene er antall økter per uke, antall serier per øvelse, antall repetisjoner per øvelse og hvilken motstand og grad av mobilisering man arbeider med (Campos et al., 2002; Chestnut & Docherty, 1999; Stone & Coulter, 1994). I tillegg vil måten man periodiserer treningen påvirke effekten av treningen.

Ulike treningsprogrammer som er presentert i forskningslitteraturen finner i noen tilfeller motstridene resultater, men det ser ut til at en økning i antall økter per uke (Carroll, Abernethy, Logan, Barber, & McEniery, 1998; Candow & Burke, 2007; McLester, BISHOP, & Guilliams, 2000; Braith et al., 1989) og en økning i antall serier per muskelgruppe (Rhea, Alvar, Ball, & Burkett, 2002; Rønnestad et al., 2007; Robbins, Marshall, & McEwen, 2012; Marshall, McEwen, & Robbins, 2011; Sooneste, Tanimoto, Kakigi, Saga, & Katamoto, 2013) fører til en større framgang i styrke og hypertrofi. Krieger (2010; 2009) gjennomførte to meta-analyser der han undersøkte effekten av økning i antall serier på hypertrofi og styrkeframgang. Analysen viste at multiple sett var henholdsvis 40 og 46% mer effektivt til å fremme hypertrofi og styrke sammenlignet med 1-setts trening.

I tillegg til å endre volumet på treningen vil periodiseringen av trening være med på å påvirke i hvilken grad man får framgang i styrke. Den mest vanlige periodiseringen er lineær periodisering der man går fra å arbeide med flere repetisjoner og lavere treningsmotstand til å arbeide med færre repetisjoner og høyere treningsmotstand gjennom en treningsperiode. Det benyttes også bølgeperiodisering der man varierer treningen mer innenfor en uke. Det ser ut til at bølgeperiodisering fremmer styrke og hypertrofi i større grad sammenlignet med lineær periodisering (Rhea, Ball, Phillips, & Burkett, 2002; Simao et al., 2012), mens lineær periodisering er å foretrekke fremfor ingen periodisering (Monteiro et al., 2009). I studien til

Monteiro et al (2009) fant de ingen fremgang i styrke eller hypertrofi etter 12 ukers trening i gruppen som ikke gjennomførte en periodiseringsprotokoll. Uavhengig av hvorvidt man benytter seg av periodiseringsprotokoller bør man se en fremgang i styrke etter systematisk styrketrening.

Treningsmotstand i styrketrening blir ofte betegnet som % av 1RM eller antall RM. Hvilken motstand man trener med, vil påvirke det man oppnår ved treningen. Styrketrening følger som alle andre treningsformer, prinsippet om spesifisitet. Dette prinsippet understreker at man må trene på den egenskapen man ønske å forbedre. Treningsspesifikke motstandssoner vil være med på å endre responsen på styrketrening. Det framstår som hensiktsmessig å trene med færre repetisjoner og høyere motstand for å øke maksimalstyrke. Det motsatte er tilfellet hvis man ønsker en økt muskulær utholdenhet (Campos et al., 2002; Stone & Coulter, 1994). Det ser ut til at et område med 4-10RM er optimalt for å øke 1RM, mens trening bestående av >15RM fører til en økt muskulær utholdenhet (Campos et al., 2002).

## **2.2 *Adaptasjon til styrketrening***

Det skjer en rekke endringer som følge av styrketrening, både fysiologiske og prestasjonsendringer. Når jeg omtaler fysiologiske endringer i henhold til styrke i denne oppgave refererer jeg til endringer i nervesystemet, muskelvolum og arkitektur. Endring i prestasjon vil i hovedsak omhandle bedring av hurtighetsprestasjon.

### **2.2.1 *Fysiologiske endringer***

Effekten av styrketrening i form av styrkeframgang varierer mye fra studie til studie. Fremgangen varierer fra en økning på ca 4 % til en økning på nærmere 60 %. Den store forskjellen som er rapportert, skyldes blant annet forskjell i treningsstatus, treningsvolum og hvilken del av kroppen som trenes. Den fysiologiske forklaringen bak endringen hevdes å være tilpasninger i nervesystemet og endring i muskeltykkelse og arkitektur (Folland & Williams, 2007).

I komplekse styrkeøvelser og øvelser som benytter seg av eksentriske aksjoner, er det en generell enighet om at endring i muskelvolum som følge av trening tar lengre tid enn framgang i styrke. Tidsforløpet til hypertrofi er imidlertid noe uklart og om det er en forsinkelseeffekt er omdiskutert. Seynnes & Narici (2007) fant en økning på 3,5-5,2 % i

muskeltverrsnittet til quadriceps allerede etter en treningsperiode på 20 dager. Annen forskning har vist en økning på 6 % i muskeltverrsnitt etter 6 ukers trening (Candow & Burke, 2007), og på 7-11 % etter 12 ukers trening (Rønnestad et al., 2007). Wernbom, Augustsson & Thomee (2007) fant i sitt review en gjennomsnittlig økning på 15,8 % og 8,5 % i muskeltverrsnitt for henholdsvis albuefleksorene og quadriceps. Forskjellen i studiene kan blant annet skyldes lengde på intervensjon, treningsform og målemetode av muskelvekst.

Det ser ut til at fysiologiske endringer i muskulaturen kan oppnås etter bare tre uker (Seynnes, de, & Narici, 2007), og det kan tenkes at prosessene som fører til hypertrofi starter mye tidligere. En mulig årsak til at man ikke finner en økning i muskeltverrsnitt på et tidligere tidspunkt i noen studier kan være at utstyret som blir brukt, ikke er sensitivt nok til å identifisere de endringene som finner sted. Det ser ut til at det er mulig å oppnå en økning i muskeltverrsnitt for quadriceps på 0,2 % per økt (Seynnes et al., 2007), men det er nok mer realistisk å forvente en økning på 0,11 % per økt (Wernbom, Augustsson, & Thomee, 2007).

Nervesystemets adaptasjon til styrketrening, og forklaringene bak den observerte fremgangen i muskeaktivitet har blitt undersøkt av flere (Folland & Williams, 2007; Duchateau & Baudry, 2013).

I enkelte studier er det observert en differanse mellom fremgangen i styrke og økningen i hypertrofi. Et eksempel kan være væren en økning i styrke på 20-30 % med en følgende økning i muskeltverrsnitt på 8-13 % (Sooneste et al., 2013). En slik forskjell blir i Folland & Williams (2007) argumentert med å være en indirekte indikasjon på en tilpasning i nervesystemet, og at denne økningen kan skyldes bedring av teknikk og økning av muskellengde.

Seynnes et al., (2007) observerte en økning i EMG aktivitet på  $34,8 \pm 4,7$  % etter bare 35 dagers styrketrening. I kontrast ble det ikke observert noen økning i EMG aktivitet etter 10 ukers styrketrening med ulike treningsvolum (Marshall et al., 2011). Forskjellen i studiene kan skyldes forskjell i treningstilstand til deltakerne i studiene. Marshall et al., (2011) gjennomførte trening på styrketrente utøver, mens i Seynnes et al., (2007) var deltakerne ”recreational active”. Shield & Zhou (2004) rapporterer i noen tilfeller en ufullstendig muskelaktivering ved maksimale muskelaksjoner i muskler i underekstremitetene. I et review gjennomført av Folland et al., (2007) ble treningstilstand rapportert som en avgjørende faktor

for hvorvidt en utøver hadde fullstendig aktivering, hvor det ser ut til at utrente personer kan øke muskelaktivering ved trening. På tross av dette er det få studier som har rapportert en endring i muskelaktivering som følge av styrketrening.

Det ser ut til at eksentrisk trening i større grad øker EMG-aktiviteten sammenlignet med konsentrisk trening (Hortobagyi et al., 1996). I tillegg er det blitt observert en lavere grad av

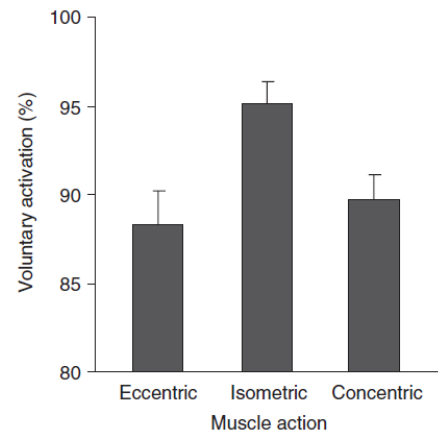
muskelaktivering ved eksentriske muskelaksjoner sammenlignet med isometrisk og konsentriske muskelaksjoner (figur 3) (Folland & Williams, 2007). Det kan tenkes at gruppen som har gjennomført eksentrisk trening, i større grad kan ha økt muskelaktiveringen som følge av den eksentriske treningen og dette kan ha resultert i en større økning i styrke.

Hvorvidt det forekommer tilpasninger i nervesystemet som følge av styrketrening, er omdiskutert. En del av økningen som tidligere er blitt tilegnet tilpasninger i nervesystemet, kan skyldes lavere koaktivering og bedre synkronisering av antagonister, agonister og synergister (Folland & Williams, 2007). I tillegg vil type muskelaksjon og treningstilstand påvirke i hvor stor grad adaptasjon i nervesystemet forekommer (Duchateau & Baudry, 2013; Folland & Williams, 2007).

### 2.2.2 Endringer i prestasjon

Styrketrening har ført til en økning i hurtighetsprestasjon på 1-7 % (Rønnestad, Kvamme, Sunde, & Raastad, 2008; Helgerud, Rodas, Kemi, & Hoff, 2011a; Moir, Sanders, Button, & Glaister, 2007; Delecluse et al., 1995). Blazevich et al., (2002) fant imidlertid ingen økning i akselerasjon eller toppfart etter 7 ukers styrketrening.

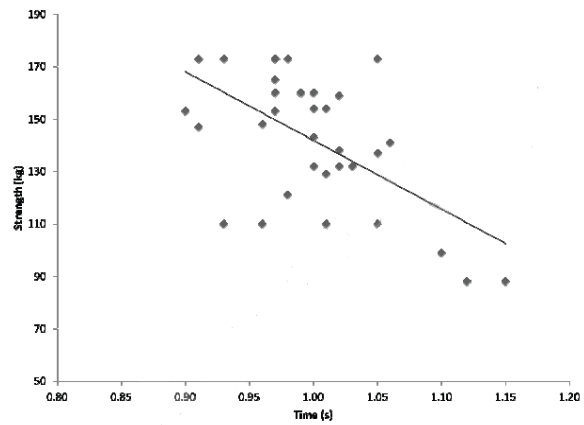
I tillegg er det flere studier som har dokumentert sammenhengen mellom styrke og sprintprestasjon (Newman et al., 2004; Requena et al., 2011). Comfort et al., (2013) fant en sammenheng på - 0,59 og -0,64 mellom sprint og henholdsvis 5 og 20 meter sprint. Styrken i strekkapparatet ser ut til å være en viktig faktor for sprintprestasjon, og på lengre sprinter ser det ut til at den relative styrken spiller en større rolle hos unge utøvere (Comfort, Stewart,



*Figur 3: Grad av aktivering ved frivillige maksimale muskelaksjoner. Hentet fra Folland & Williams (2007)*



Bloom, & Clarkson, 2013). Dette gjør at treningen bør ha fokus på å øke den relative styrken i strekkapparatet. Dette oppnås med trening av spesifikke øvelser som igjen fører til økning i muskelvolum i de aktuelle musklene.



Figur 4: Sammenheng mellom estimert absolutt knebøystyrke (kg) og fem meter sprint tid (sek) hentet fra Comfort et al., (2013)

Styrketrening fører til endring av både fysiologiske faktorer og ulike prestasjonsvariabler. Vi har sett at styrketrening fører til varierende respons avhengig av antall repetisjoner, serier, antall økter per uke og periodiseringsplan. Et treningsprogram bør reflekter målet med treningen, og bør spesifiseres mot konkurranseformen.

### 2.3 Kontraksjonsform

Til nå har jeg i hovedsak sett på det som defineres som tradisjonell styrketrening og den responsen som følger. Et annet aspekt som vi til nå ikke har vært innom, er kontraksjonsform. Generelt deler vi opp muskelaksjoner i tre former; konsentrisk, eksentrisk og isometrisk. De to vanligste muskelaksjonene som blir benyttet i treningsammenheng er konsentrisk og eksentrisk muskelarbeid. I en dynamisk styrketreningsøvelse er det innslag av både eksentrisk og konsentrisk muskelarbeid, men denne blir i hovedsak omtalt som konsentrisk muskelarbeid.

Eksentrisk styrketrening blir i de fleste tilfeller omtalt som en treningsform som benytter en supramaksimal belastning i den eksentriske fasen. Denne skal kontrolleres i en bremsende bevegelse med en passiv eller submaksimal konsentrisk fase, såkalt "eksentrisk overload" (se figur 5). Det er usikkert om endring av treningsvariabler som antall serier, økter per uke, repetisjoner, intensitet og periodiseringsplan vil gi samme utslag ved eksentrisk trening som ved dynamisk (konsentrisk) styrketrening. Endring av motstanden fra 10-12 RM til 4-6RM vil endre responsen fra styrketreningen. Ved tradisjonell dynamisk trening vil trening med få repetisjoner og høy belastning føre til større styrkeframgang, mens trening med lavere belastning og flere repetisjoner vil føre til en økning av muskulær utholdenhet og hypertrofi (Campos et al., 2002). Ved eksentrisk trening vil imidlertid en økning av antall repetisjoner

ikke nødvendigvis føre til en nedgang i belastning. Her vil hver repetisjon uavhengig om det er repetisjon nummer 1 eller 10 tilsvare en belastning som er høyere enn 1RM. Vi vet lite om hvordan antall økter per uke, antall serier per muskelgruppe og periodisering påvirker responsen ved eksentrisk trening. Det ser imidlertid ut til at eksentrisk styrketrening fremmer muskelvekst og styrkeframgang i større grad enn tradisjonell styrketrening (Mjolsnes et al., 2004; Hortobagyi et al., 1996; Vikne et al., 2006).

### **2.3.1 Økning i muskellengde**

Den vanligste målte økningen i muskelvolum, er økning i muskeltverrsnitt. Det er også målt endring i muskellengde, dette blir ofte målt som endring i en enkel fasikkel ved bruk av ultralyd. Virkningen av både konsentrisk og eksentrisk trening har vist seg å øke fasikkellengden til vastus lateralis (VL) (Alegre, Jimenez, Gonzalo-Orden, Martin-Acero, & Aguado, 2006; Seynnes et al., 2007). I tillegg ser det ut til at eksentrisk trening alene kan øke fasikkellengden i lårmuskulaturen (Blazevich, Cannavan, Coleman, & Horne, 2007; Potier, Alexander, & Seynnes, 2009). Denne økningen kan føre til en endring av lengdespenningsforholdet og en forskyvning av kraft-forkortningshastighetskurven.

### **2.3.2 Endring av som følge av økt muskellengde**

Det har vist seg å være en sammenheng mellom fasikkellengde i VL og 100 meter sprint prestasjon hos japanske sprintere (Kumagai et al., 2000). Dette tyder på at en endring i fasikkellengde kan føre til en høyreforskyvning av kraft-forkortningshastighetskurven og dermed en økning i hurtighet (Blazevich et al., 2007). I tillegg er det flere studier som har sett på endring av lengdespenningskurven som følge av lengde spenningsforholdet (Brughelli & Cronin, 2007). De fleste studiene som har sett endring i muskellengde har sett på den akutte effekten av eksentrisk trening. Det er få studier som har sett på hvordan trening over lengre tid har påvirket lengdespenningsforholdet (Brughelli & Cronin, 2007). En av de få studiene som har sett på hvordan eksentrisk trening over tid har påvirket lengdespenningsforholdet i muskulaturen er Brughelli et al., (2010), de fant en endring på 4° i knefleksorene etter 4 ukers trening. Dette understreker at det er mulig å endre lengdespenningsforholdet i muskulaturen ved eksentrisk trening.

### 2.3.3 Nordic Hamstring

Nordic Hamstring er en styrketreningsøvelse der en utøver står på knærne med 90 ° i kneleddet og fullt ekstendert hofte, mens en partner låser leggen til bakken ved å legge vekten på ankene til utøveren (figur 5).

Øvelsen starter ved at

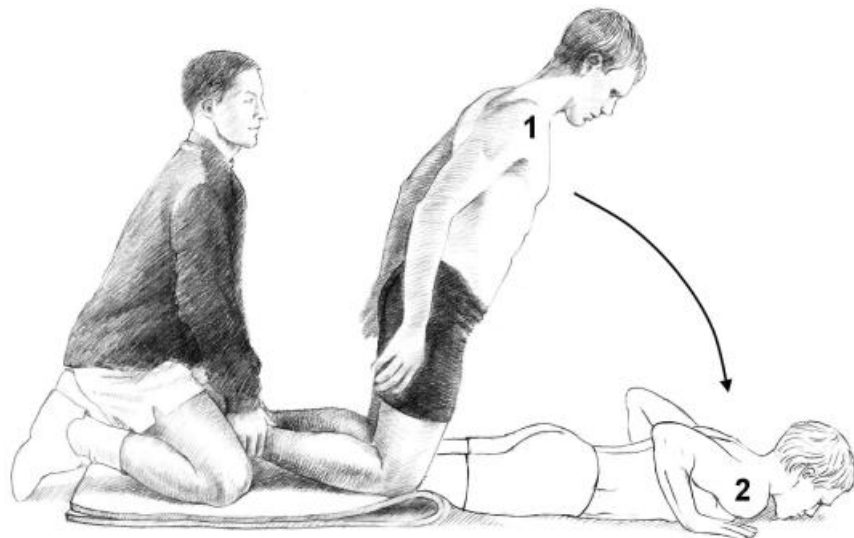
utøveren lener

overkroppen fremover

og senker kroppen

kontrollert mot bakken. Når utøveren er helt nede, dytter han i fra for å komme tilbake til utgangspunktet. Hver repetisjon skal gjennomføres med maksimal innsats og overkroppen skal senkes så sakte som mulig. Trening med denne øvelsen har tidligere vist seg å redusere risikoen for hamstringstrekk (Arnason et al., 2008; Schache, 2012), i tillegg er den effektiv i å øke styrken i hamstringmuskulaturen (Mjolsnes et al., 2004).

Selv om dette er en mye benyttet treningsøvelse, og vel dokumentert i forskning, er det ingen data i litteraturen om hvordan denne treningen påvirker løpshurtighet. Mekanismene bak den skadeforebyggende effekten kan være flere. Nordic Hamstring er effektiv for å øke styrken (Mjolsnes et al., 2004) og dette kan forklare den skadeforebyggende effekten. Maksimal isokinetisk knefleksjon er foreslått som en av de bestemmende faktorene for 40m sprint prestasjon (Nesser et al., 1996). I tillegg kan eksentrisk styrketrening som Nordic Hamstring, føre til en høyreforskyvning av kraft-forkortningshastighetskurven ved addering av sarkomerer i serier som fører til en økning av fasikkellengde (Blazevich et al., 2007). Som nevnt tidligere, har vastus lateralis fasikkellengde god korrelasjon med sprint prestasjon (Kumagai et al., 2000). Det er ingen studier som har sett på hvorvidt fasikkellengde i hamstringmuskulaturen viser en lignende trend. Askling et al., (2003) har tidligere vist at eksentrisk trening av hamstringmuskulaturen har ført til en bedring av maksimal løpshurtighet på 2,4 %.



Figur 5: Skisse av Nordic Hamstring øvelsen hentet fra Mjolsnes, Arnason, Osthagen, Raastad & Bahr (2004)

Det kan godt tenkes at trening med Nordic Hamstring i tillegg til tidligere dokumenterte effekter som reduksjon av hamstringskader og økning av hamstringstyrke gir en positiv effekt på sprintprestasjon. De fleste studier som undersøker effekten av styrketrening på hurtighet benytter seg ofte av knebøy som styrkeøvelse. Det er få studier som har sett på hvordan trening av mer isolerte øvelse, gjør utslag på hurtighetsprestasjonen.

## **2.4 Plyometrisk trening**

Plyometrisk trening benytter hopplignende øvelser med kroppsvekt som belastning som aktiverer den såkalte strekk-forkortningssyklusen (SSC) (Markovic & Mikulic, 2010). Strekk-forkortningssyklusen karakteriseres av at muskel-senesystemet gjennomgår en aktiv forlenging (eksentrisk muskelaksjon) som blir etterfulgt av en øyeblikkelig forkortning (konsentrisk muskelaksjon) av det samme systemet. SSC øker muskel-senesystemet sin evne til å produsere maksimal kraft på kortest mulig tid, og på grunn av dette er plyometrisk trening regnet som et bindeledd mellom rå styrke og sportsspesifikk hurtighet (Chmielewski et al., 2006).

Plyometrisk trening kan gjennomføres på mange forskjellige måter, med ulikt antall økter per uke og med eller uten ekstra belastning. Når man refererer til ulike spenstprotokoller rapporterer man i hovedsak antall hopp. Protokoller varierer fra 1-4 økter per uke, med 50-90 hopp per økt og en total varighet på mellom 4-8 uker (Luebbbers et al., 2003; Chelly et al., 2010b; Meylan & Malatesta, 2009; Saez de Villarreal et al., 2008; McBride, Triplett-McBride, Davie, & Newton, 2002)

Det viser seg at én økt i uken med 60 fallhopp per økt er tilstrekkelig for å gi en effekt på hurtighet, men ikke tilstrekkelig for å skape en endring i vertikal spenst og dynamisk og isometrisk styrke hos utrente utøvere (Saez de Villarreal et al., 2008). I tillegg har Chelly et al., (2010b) vist at kombinert hekkhopp og fallhopp i tillegg til fotballtrening øker hastigheten ved første steg, akselerasjon og toppfart på 40 meter sprint hos unge fotballspillere. Det ble gjennomført mellom 40-70 hopp per økt og dette førte til en økning på 0,4 og 0,8 m/s på henholdsvis de første 5 og de siste 5 meterne av en 40 meter sprint.

Mye av den plyometriske treningen fokuserer på vertikal forflytning, men det er også studier som har innslag av horisontale hopp. Meylan & Malatesta (2009) gjennomførte to økter med plyometrisk trening i tillegg til to økter med fotball per uker hos unge fotballspillere, der

fokuset vekslet mellom vertikal og horisontal forflytning. Det ble gjennomført totalt 864 hopp over en periode på 8 uker. Resultatene viste en forbedring på 2,1 % på 10 meter sprint, og en økning på 7,9 % i svikthopphøyde. Dette bekreftes av Luebbbers et al., (2003) som fant en økning på 3,7 % i vertikal spenst etter totalt 850 hopp (vertikal) og 1025m steg (horisontal) i løpet av 7 ukers trening av barnspillere i fotball. I denne studien ble den horisontale plyometriske treningen gjennomført med et krav til antall meter. Det vil si at en serie kunne bestå av 20m med horisontale hopp. Uten en klar instruksjon til utøverne om å forsøke å redusere antall hopp/steg gjennom treningsperioden vil det være vanskelig å si noe om intensitet eller fremgang i øvelsene. En bedre løsning hadde vært å ha et bestemt antall hopp/steg som skulle gjennomføres og målt økningen i lengde i serien.

Vi har sett at ulike former for plyometrisk trening kan gi en positiv effekt både i vertikal spenst og løpshurtighet. Det ser også ut som om det er en økende effekt ved økt treningsvolum. De Villarreal et al., (2008) har undersøkt effekten av plyometrisk trening med 60 fallhopp per økt og henholdsvis 1, 2 og 4 økter per uke. Det var en tendens til en større økning med økt antall økter og en signifikant forskjell mellom 1 og 4 økter ved dynamisk og isometrisk styrke, i tillegg til prestasjon i svikthopp og fallhopp. Det ble imidlertid funnet en reduksjon i svikthopphøyde på 3,7 % ved en nær dobling av treningsvolum fra 51 hopp og 53m per økt til 90hopp og 93m (Luebbbers et al., 2003). Det er verdt å legge merke til at etter 4 ukers hvileperiode førte denne treningen til en økning på 2,8 % i svikthopp sammenlignet med pre-test resultatene.

Dette tyder på at en økning i treningsvolum kan gi en adderende effekt, men at det er en øvre grense for når en økning av treningsvolum kan gi negative effekter. Å utsette utøvere for en overbelastning i en periode for deretter å slippe opp på treningen, ser også ut til å være gunstig i henhold til å bedre vertikal spenst. Treningsprotokoller som har som hensikt å bedre eksplosive aksjoner er mange, men en nylig meta-analyse gjennomført av de Villarreal, Reauna & Corinin (2012) rapporterer at en varighet på over 10 uker med 3-4 økter per uke og mer enn 80 hopp per økt vil optimalisere sjansene for en forbedring av sprintprestasjon.

I tillegg til volumet på treningen vil også underlaget man trener på være med å bestemme hvilke effekter man får av treningen (Impellizzeri et al., 2008; Campillo, Andrade, & Izquierdo, 2012). Trening på mykere underlag vil føre til en bedring av effekten i strekkapparatet, mens trening på hardere underlag i større grad vil bedre strekk-

forkortningssyklusen (Impellizzeri et al., 2008). Det er også antydnet at trening på hardere underlag kan gi tilsvarende eller større fremgang i vertikal spenst som trening med høyere volum (Campillo et al., 2012).

#### **2.4.1 Adaptasjon til plyometrisk trening**

Plyometrisk trening har resultert i en rekke forbedringer både fysiologisk og i relasjon til prestasjon (Markovic & Mikulic, 2010). Herunder vil jeg fokusere på nevrologiske endringer, endring i styrke og endringer i muskel-senekomplekset som de fysiologiske endringene, mens endringer i prestasjonsvariabler vil være spenst og hurtighet.

#### **2.4.2 Fysiologiske endringer**

Det er blitt observert en økning i integrert EMG på 27-51,6 % etter 8 uker med plyometrisk trening (Lephart et al., 2005; Wu et al., 2010). Chimera et al., (2004) undersøkte effekten av plyometrisk trening på muskel aktiveringsstrategier i underekstremitetene under hopp hos kvinnelige utøvere. De fant en økning i preaktivering av adduktormuskulaturen i hoften i tillegg til en økning i adduktor-abduktor koaktivering. Denne tilpasningen anses som å være en beskyttende mekanisme mot korsbåndskader, ved å redusere stresset på det fremre kostbåndet under landing hos unge kvinnelige utøvere. Tilpasningen i nervesystemet ble etterfulgt av en signifikant økning i sprinthastighet og hopp høyde.

Plyometrisk trening utsetter muskel-senesystemet for et stort stress, og kroppens naturlige respons er å tilpasse seg til stresset som foreligger. Foure et al., (2010; 2011) viste at plyometrisk trening førte til en økt stivhet av akillessene og en redusert stivhet i muskeldelen av muskel-senekomplekset hos aktive unge men. Wu et al., (2010) undersøkte effekten av plyometrisk trening på EMG i triceps surae, senestivhet i akillessenen, utnyttelse av den elastiske energien i akillessenen og hvordan disse endringene korrelerte med prestasjon i hopptester. De fant en signifikant økning i alle variablene etter 8 ukers trening, men bare økningen i senestivhet korrelerte med endringen i prestasjon ( $r = 0,54$ ,  $P = 0,031$ ). Det er derfor rimelig å anta at endringene i hopp-prestasjon kommer delvis som en følge av endringer i muskel-senekomplekset. Dette støttes av Kubo et al., (2007) som observerte en økning i leddstivhet og hopp-prestasjon uten en endring av muskelaktivering.

Flere studier har dokumentert en økning i styrke som følge av plyometrisk trening (Saez de Villarreal et al., 2008; De Villarreal, Requena, & Newton, 2010a; McBride et al., 2002). En

meta-analyse gjennomført av Saez de Villarreal et al., (2010b) viser at plyometrisk trening kan resultere i økning i 1RM knebøy med  $24,9 \pm 18,6$  kg, mens den respektive endringen i isokinetisk og isometrisk knefleksjon og ekstensjon er  $18,37 \pm 10,06$  og  $19,03 \pm 18,79$  kg. I motsetning til disse studiene fant Rønnestad et al., (2008) ingen adderende effekt av å gjennomføre plyometrisk trening i tillegg til styrketrening hos profesjonelle fotballspillere. Rønnestad et al (2008) hadde allerede i første uke av intervensjonen, et volum som oversteg de 60 hoppene per uke som tidligere har vist seg å være tilstrekkelig for å finne en effekt på hurtighet (Saez de Villarreal et al., 2008). Det kan tenkes at det allerede høye treningsvolumet og det høye utgangsnivået hindret de i å finne en effekt av den plyometriske treningen.

Saez de Villarreal, Requena, Izquierdo & Gonzalez-Badillo (2013) fant en økning på 6,8 og 14,3 % i 1RM knebøy etter henholdsvis plyometrisk trening uten og med ekstra belastning. Dette er med på å understreke at plyometrisk trening kan gi en styrkeeffekt. I tillegg ser det ut til at plyometrisk trening med ekstra belastning vil føre til et økt stimuli for økning i styrke.

Studier som ser en effekt av plyometrisk trening på styrke, tester vanligvis strekkapparatet i form av knebøy og beinpress (Saez de Villarreal et al., 2008; Saez de Villarreal et al., 2013; McBride et al., 2002). Disse øvelsene har stor bevegelseslikhet med vertikale plyometriske øvelser. Hoveddelen av plyometriske treningsprotokoller inneholder kun øvelser som fokuserer på vertikal forflytning. Dette er med på å støtte opp under prinsippet om spesifisitet i treningsarbeidet. Det negative med dette er at man i liten grad får noe informasjon om hvorvidt enkeltmuskler spiller inne på den helhetlige fremgangen. Et unntak er Saez de Villarreal et al., (2008) som i tillegg til å teste beinpress også testet isometrisk kneekstensjon, men dette i seg selv er ikke nok til å beskrive endringen i kraft i underekstremitetene. Det er fullt mulig at plyometrisk trening kan påvirke fleksjons og ekstensjonskraft i kneleddet og hoftelddet eller kraften ved plantarfleksjon i ankelleddet.

Sett under ett er det vell dokumentert at plyometrisk trening kan være med på å øke styrken i strekkapparatet. Det ser ut til at et totalvolum på over 60 hopp per uke er nødvendig for å øke styrken. Treningsprotokollene som er benyttet i studiene som viser en effekt, inneholder hovedsakelig øvelser som fokuserer på vertikal forflytning eller en kombinasjon av både vertikal og horisontal forflytning. Hvilken effekt en protokoll med fokus på kun horisontalforflytning vil ha på styrken i underekstremitetene er etter min viten enda ikke undersøkt. I tillegg behøves det flere studier som undersøker hvordan plyometrisk trening

påvirker enkeltmuskler i underekstremitetene og hvorvidt ulike hopp-protokoller endrer responsen i styrke.

### **2.4.3 Prestasjonsendringer**

Hovedmålet med plyometrisk trening er som oftest å bedre spenst eller hurtighet. Spenst er evnen til å akselerere egen kroppsvekt, vanligvis for å hoppe høyt eller langt (Raastad et al., 2010). Bedret spenst kan være med på å avgjøre om man vinner eller taper en hodeduell som til slutt kan være forskjell på scoring for eller imot. Det er rapportert en økning på 2,5-17,48 % økning i svikhopp etter plyometrisk trening med en varighet på 4-8 uker (Luebbers et al., 2003; Chelly et al., 2010b; Meylan & Malatesta, 2009; Saez de Villarreal et al., 2008).

Forskjellen i respons skyldes blant annet treningsstatus, treningsprotokoll, varighet og type øvelser. Den største økningen ble funnet etter 28 økter på 27 uker med 60 fallhopp per økt fra forskjellige høyder (Saez de Villarreal et al., 2008). Fallhopp er en øvelse som utsetter kroppen for en stor belastning, og denne belastningen i tillegg til et relativt lavt utgangsnivå vil kunne forklare den store fremgangen i studien. Treningsprotokoller som har et stort innslag av vertikale hopp, ser ut til å ha en positiv effekt på spensten (Meylan & Malatesta, 2009; Saez de Villarreal et al., 2008). I tillegg bør treningen inneholde mer en 60 hopp per uke (Saez de Villarreal et al., 2008).

Kale et al., (2009) og Nesser et al., (1996) har dokumentert sammenhengen mellom vertikal og horisontal spenst og sprintprestasjon. I idretter som utsetter underekstremitetene for høyhastighetsløp, kan generell sprint-/løpstrening føre til overbelastninger og skader. Plyometrisk trening kan derfor være med på og variere stresset på muskulaturen og gi en ønsket fremgang i hurtighet uten å øke risikoen for skader. De Villarreal et al., (2012) rapporterer en gjennomsnittlig reduksjon i tid på  $-0,007 \pm 0,002$ ,  $-0,06 \pm 0,05$ ,  $-0,07 \pm 0,09$  og  $-0,12 \pm 0,14$  sekunder på henholdsvis 10, 20, 30 og 40meter. Fremgangen i hurtighetsprestasjon er avhengig av utgangsnivå og treningsprotokoll.

Som nevnt tidligere kan sprint deles inn i akselerasjons- og topphurtighet (Mero et al., 1992), og forskjellen i bevegelsesmønster endrer muskelbruken i de ulike fasene. Dette gjør at man kan forvente at ulike plyometriske øvelser vil gjøre utslag i ulike faser av løpet. De Villarreal et al., (2008) benyttet seg av en protokoll bestående av utelukkende fallhopp og fant en økning i akselerasjonshurtighet med en reduksjon i tid brukt på 20m sprint. Til sammenligning fant Chelly et al., (2010b) en økning i hastighet på 18, 10 og 9,7 % ved



henholdsvis, første steg, 0-5m og 35-40m i 40meter sprint. I denne studien trente utøverne både hekkehopp og fallhopp.

Meylan & Maltesta (2009) fant en reduksjon i 10m sprinttid på 2,1 % etter plyometrisk trening to ganger i uken hvor fokuset i økten var på enten vertikal eller horisontal forflytning hos unge fotballspillere. Hvorvidt den horisontale komponenten påvirker resultatene er usikker, ettersom det er mulig at den vertikale komponenten alene kan være tilstrekkelig for å skape en endring av hurtigheten med kun en økt per uke. Det har tidligere blitt hevdet at bevegelseslik plyometrisk trening er å foretrekke når man ønsker å forbedre hurtighet (Saez De Villarreal et al., 2012). De Villarreal et al., (2012) nevner også at plyometrisk trening som har som hensikt å bedre sprintegenskapene til en utøver, i stor grad bør inneholde øvelser som fokuserer på horisontal forflytning. Det er også generelt akseptert at spesifisitet i treningsarbeidet er nødvendig for å oppnå målet med treningen, og at det er et av de grunnleggende treningsprinsippene innenfor treningslære. Men på bakgrunn av min innsikt er det verken i meta-analysen til De Villarreal et al., (2012) eller hos andre forskere gjennomført studier som ser på effekten av plyometrisk trening med øvelser som bare fokuserer på horisontal forflytning. I beste fall har det blitt benyttet en kombinasjon av øvelser med horisontal og vertikal forflytning.

I dagens toppidrett og spesielt innenfor lagidretten er tiden utøvere er samlet på trening liten. Dette fører til begrenset tid til å fokusere på de fysiske egenskapene. Det er derfor ønskelig å gjennomføre trening av de fysiske egenskapene så effektivt så mulig. I teorien vil bevegesspesifikke øvelser med fokus på horisontal forflytning resultere i større fremgang i hurtighet sammenlignet med øvelser som har større fokus på vertikal forflytning.

En slik øvelse kan være Stegserier. Stegserier kan karakteriseres som repeterte hoppende sprintsteg der fokuset i øvelsen er å oppnå en lengst mulig lengde i hvert steg. Nesser et al., (1996) har vist at det er en god sammenheng mellom hopplengde på femstegstesten og hurtighet på 40meter sprint. Femstegstesten har store likhetstrekk med Stegserier og det er derfor rimelig å anta at trening med denne øvelsen vil føre til en bedring av sprintprestasjonen.

## 2.5 Oppsummering

Nordic Hamstring trening kan hos fotballspillere redusere risikoen for hamstringstrekk (Arnason et al., 2008). I tillegg har det blitt observert en økning styrken på baksiden av låret etter trening med NH (Mjolsnes et al., 2004). Knefleksjonsstyrke har tidligere vist seg å ha god sammenheng med sprintprestasjon (Nesser et al., 1996) og en økning i styrke som følge av NH-trening vil kunne føre til en bedring av hurtighetsprestasjonen. Eksentrisk trening av hamstringsmuskulaturen har tidligere vist seg å være effektiv i å øke hurtighetsprestasjon i topphastighetsfasen (Askling et al., 2003). Det økende bidraget til hamstring lengre ut i en sprint (Delecluse, 1997) effekten av eksentrisk trening på topphastighet (Askling et al., 2003) gjør at det er rimelig å anta at trening med NH vil føre til en økning av topphastigheten.

Stegserier er en plyometrisk øvelse som utsetter strekkapparatet for en stor belastning. Plyometrisk trening har som hensikt å forbedre musklenes evne til å oppnå maksimalkraft på kortest mulig tid ved å optimalisere strekk-forkortningscyklusen (Chmielewski et al., 2006). Stegserier vil kunne gi en positiv effekt på hurtighet og styrke (Saez De Villarreal et al., 2012; De Villarreal et al., 2010a), men det er usikkert i hvilken grad dette vil kunne forekomme fordi øvelsen utelukkende fokuserer på horisontal forflytning. Den tekniske utførelse av Stegserier har store likehetstrekk med akselerasjonsfasen i en sprint, med fokus på lengre kontakttid med underlaget (Mero et al., 1992) og et stort bidrag fra ekstensor muskulatur i underekstremitetene (Delecluse, 1997). Det vil derfor være naturlig å anta at Stegserier kan føre til en økning i utøverens akselerasjonsevne.

### **3. Metode**

Hovedmålet med denne studien var å undersøke effekten av trening med Nordic Hamstring (NH) eller Stegserier (SS) på akselerasjons og maksimalhurtighet og dynamisk og isometrisk knefleksjon og ekstensjon. Studien ble gjennomført i forsesongen til norsk fotball (jan og feb.) med en gruppe junior elite fotballspillere. Studie ble gjennomført som en randomisert kontrollert studie med en varighet på totalt 7 uker der uke 1 og 7 ble benyttet til testing. Før testing ble utøverne tilfeldig valgt til en av tre grupper, kontroll (K), Stegserier (SS) eller Nordic Hamstring (NH). Det ble benyttet en såkalt balansert randomisering for å sikre likt antall spillere fra hvert posisjonsledd på banen i hver gruppe. Det ble gjennomført en testdag før og etter intervensjonen. På testdagene ble deltakerne testet 40 meter sprint og dynamisk og isometrisk styrke. Alle deltakerne fikk muntlig og skriftlig orientering om studien med tanke på eventuelt faremomenter og fordeler. Det ble også innhentet skriftlig samtykke til deltagelse i studien. For de som var yngre enn myndighetsalder ble det innhentet samtykke fra foresatte.

#### **3.1 Deltakere**

Totalt 26 utøvere ble invitert til å delta i studien;  $17,1 \pm 1$  år,  $175,5 \pm 8,7$  cm høye og veide  $68,7 \pm 8,4$  kg. Av disse var det 16 utøvere som fullførte studien. Tre spillere ble ekskludert på grunn av mangelfull deltagelse på de planlagte øktene, tre spillere ble flyttet til a-laget i løpet av intervensjonen. En spiller ble ekskludert grunnet sykdom ved post-test, og en spiller gikk på lån til annen klubb i løpet av intervensjonen. Videre sluttet en av spillerne, mens den siste ble ekskludert grunnet skade som ikke var relatert til studien. Alle utøverne som fullførte studien gjennomførte gjennomsnittlig 5 økter pluss en kamp per uke.

#### **3.2 Testing**

##### **3.2.1 40 meter sprint**

Hurtighetstesten ble gjennomført innendørs på toppidrettssenteret (olympiatoppen) pre og post. Tiden på 40 meter ble registrert hver 5 meter med bruk av fotoceller. Utøveren startet 60 cm før første fotocelle i stående posisjon med kroppen fremoverlent. Deltakeren ble instruert til å ha vekten på den fremre foten og starte skyvet derifra. Den fremre foten var selvvalgt men kunne ikke endres mellom forsøkene eller fra pre til posttesten. Utøverne startet etter egen vilje og ble instruert til å akselerere maksimalt og ikke bremse før siste fotocelle var

passert. De følgende kriteriene ble brukt for å bestemme hvorvidt et forsøk ble godkjent: Valgt standfot ble benyttet, ingen motbevegelse eller svikt var observert og en fullstendig registrering av alle mellomtider.

Før testing gjennomførte deltakeren 10 minutter løping på tredemølle med en helning på 2 % og en hastighet på mellom 10-12 km/t. Dette ble etterfulgt av tre stigningsløp med henholdsvis 80, 90 og 100 % av maksimal intensitet. Det ble også gjennomførte et testløp på for at utøverne skulle få kjenne på farten. Hver deltaker fikk tre godkjente forsøk med en pause på minimum 4 minutter mellom hvert løp. Den beste tiden fra forsøkene ble lagret for bruk i den videre analysen.

### **3.2.2 Sekundær sprint test**

Av praktiske årsaker ble det for noen utøvere gjennomført en sekundær sprint test. Denne testen ble gjennomførte innendørs på et kunstig fotballdekke. Tiden på 40-meter ble registrert med fotoceller (Brower Timing System, Salt Lake, USA) med målinger ved 5, 10, 30 og 40 meter. Utøverne var instruert til å starte testen ved å plassere standfoten på en trykksensor og legge vekten på den fremre foten. Standfoten var selvvalgt men utøverne fikk ikke lov til å endre standfoten i løpet av testen eller fra pre til posttesten. Overkroppen skulle være fremoverlent og skyvet skulle starte fra den fremre foten. Tiden startet når utøveren fot forlot trykksensoren. Utøveren ble instruert til å akselerere med maksimal intensitet og ikke bremse før siste fotocelle var passert. Følgende kriterier måtte være oppfylt for at et forsøkt skulle være godkjent: Valgt standfot ble benyttet, ingen motbevegelse eller svikt var observert og en fullstendig registrering av alle mellomtider.

Hver utøver fikk tre forsøk, med minimum 4 min pause mellom hvert forsøk. Den beste tiden fra testen ble notert ned og benyttet videre i analysen.

Hurtighetstesten ble gjennomført etter en lett fotballøkt. Dette sikret at deltakerne var varme. Før start av sprinttesten ble det i tillegg gjennomført 3 stigningsløp med intensitet på 80, 90 og 100 % av maksimal løpshurtighet. Mellom hvert forsøk ble utøverne oppfordret til å holde seg i lett bevegelse i form av gange eller småjogging.

### 3.2.3 Dynamisk og isometrisk styrketest

Den dynamiske styrketesten bestod av tre maksimale konsentriske knefleksjoner med en hastighet på 60°/sekund etterfulgt av tre maksimale konsentriske kneekstensjoner ved samme hastighet. Den dynamiske styrketesten ble etterfulgt av en maksimal isometrisk knefleksjon og ekstensjonstest ved 70 og 20 ° (0° = anatomisk utgangsposisjon). Det var bare den høyre foten som ble testet.

Før testen gjennomførte deltakerne en 5 min oppvarming på ergometersykkel (Monark Ergomedic 118 E, Varberg, Sverige). Deltakeren valgte selv start intensiteten. De ble instruert til å holde en jevn frekvens og øke intensiteten hvert minutt gjennom oppvarmingen. Etter oppvarmingen ble utøverne plassert i Technogym REV 9000 (Gambettola Italy).

Utøveren satt med rygg og hofte godt plassert inn til stolryggen lateralt på stolen mens skulder, hofte og lår ble plassert parallelt med kanten til stolen. Utøverne ble spent fast med tre stropper, to i kryss over brystet og en ved hoften. I tillegg ble den distale delen av låret festet til stolen med en pute. Dette ble gjort for å sikre at utøverens posisjon ikke endres i løpet av testen. Omdreiningaksen til dynamometeret ble stilt parallelt med omdreiningaksen til kneleddet. På enden av dynamometerets vektarm var det montert en klype. Denne klypen grep tak i leggen distalt på leggen proksimalt for lateral malleolus. Omdreiningaksen til kneleddet ble funnet ved palpasjon, og kontrollert ved å observere at det ikke forekom noen proksimal eller distal forflytning av klypen på vektarmen til dynamometeret gjennom bevegelsesutslaget. Stolen ble individuelt tilpasset til utøvernes spesifikasjoner. Disse innstillingene ble notert og lagret for å sikre like forhold fra pre til posttest.

Før testen startet ble vekten av utøverens legg veid av dynamometeret for å sikre at ikke vektendringer i leggen skulle påvirke resultatene. Den dynamiske styrketesten startet med en oppvarming bestående av submaksimal dynamisk kneekstensjon ved en forutbestemt hastighet på 60°/sek som øyeblikkelig gikk over i en dynamisk fleksjon. Det ble gjennomført fire submaksimale repetisjoner med gradvis økende intensitet før den maksimale testen. Etter de submaksimale repetisjonene fikk utøveren en 30 sekunder pauser. Den maksimale dynamiske testen ble gjennomført med samme prosedyre som de submaksimale repetisjonene, men med maksimale innsats over tre repetisjoner. Hver repetisjon hadde et bevegelsesutslag på 90° (110-20°, 0°= anatomiske utgangsposisjon). Etter den dynamiske testen ble det gjennomført totalt 8 maksimale isometriske repetisjoner, 4 ved 70° og 4 ved 20 °. Hver utøver

fikk totalt 2 forsøk på hver av de ulike testene (fleksjon og ekstensjon 70°, fleksjon og ekstensjon 20°). Det var en 30 sekunders pause mellom hvert forsøk. Rekkefølgen ble organisert slik at deltakeren gjennomførte en maksimal ekstensjon, deretter en maksimal fleksjon. Dette sikret et minutt hvile for den aktuelle muskegruppen mellom hvert forsøk.

### 3.3 *Trening*

Deltakerne i studien ble delt inn i tre grupper: Kontroll (K), Stegserier (SS) og Nordic Hamstring (NH). Nordic Hamstring gruppen og stegserie gruppen gjennomførte sin respektive trening som en del av oppvaringen, eller etter endt fotballøkt. Kontrollgruppen gjennomførte varianter av boks når de to andre gruppene gjennomførte sine opplegg.

*Tabell 1: Protokoll SS- og NH-trening*

Uke	økt/uke	Serier x Repetisjoner (SS)	Serier x Repetisjoner (NH)
1	1	3 x 8	2 x 5
2	2	4 x 6	2 x 6
3	3	5 x 6	3 x 6-8
4	3	6 x 6	3 x 8-10
5	3	7 x 4	3 x 12,10,8

Stegserier starter med et høyt antall hopp og færre serier for så å redusere antall hopp og øke antall serier (tabell 1). Protokollen ble utviklet i samarbeid fysisk trener personell innenfor fotball med hensikt for å utvikle muskulær eksplosivitet.

Utøverne starter med en to meter flying start for deretter å gjennomføre det ønskede antall hopp. Deltakerne ble instruert til å stemme imot på første fotsett for å utnytte den løpende starten til å oppnå maksimal lengde i første steg. I fraskyvet og start av svevfasen føres motsatt fot frem mens kneet flekteres for å oppnå lengst mulig arbeidsvei før ekstensjon av foten i siste del av svevfasen. Mot slutten av svevfasen føres foten tilbake mens kneet

ekstenderes og nytt fotisett skjer rett bak tyngdelinje til utøveren. Dette repeteres til antall steg er fullført. Den totale lengden i hver serie ble markert med en kjege, den kjeglen ble brukt som mål for de resterende seriene. Hvis en av de neste seriene overgikk lengden til den lengste serien ble denne serien benyttet som nytt mål. Utøverne var instruert til å gjennomføre hver serie med maksimal intensitet og å forsøke å oppnå lengst mulig lengde i hvert steg.

Trening med Nordic Hamstring ble gjennomført etter protokollen til Mjølsnes et al., (2004), men i motsetning til protokollene i Mjølsnes et al., (2004) ble treningen avsluttet etter 5 uker og ikke 8 (tabell x). Nordic Hamstring ble gjennomført som beskrevet i Mjølsnes et al.,(2004), kort forklart starter utøveren i knestående med 90 ° i kneleddet og fullt ekstendert hofte, mens ankene blir låst til bakken av en partner. Øvelsen starter ved at overkroppen lenes fremover og på en kontrollert måte blir senket mot bakken, når utøveren treffer bakken skyver de seg selv tilbake til startposisjonen. Senkningen av overkroppen skjer med ekstendert hofte slik at bevegelsen skjer ut i fra kneleddet. Utøverne ble instruert til å senke overkroppen så rolig som mulig med maksimal innsats og forsøke å holde igjen så lenge som mulig.

For å sikre at gjennomføringen av øvelsene ble gjort i samsvar med protokollen og med riktig intensitet, ble alle øktene fulgt opp av trent personell.

### **3.4 Statistikk**

Sammenligning av grupper og effekt av intervensjonen ble beregnet med Hopkins effect size (Hopkins WG, 2003), det ble benyttet et konfidensnivå på 0,9 og en minste relevant effekt på 0,2 ES. Cohen's skala for effekt ble benyttet for å beskrive effekten funnet i studien. Grunnet forskjellig antall økter gjennomført av deltakerne i studien ble denne variabelen benyttet som en kovariant i analysen. Fremgang i hurtighet og styrke ble presentert som gjennomsnitt og standardavvik og pearsons korrelasjon ble beregnet i SPSS signifikansnivået ble satt ved  $p < 0,05$ .

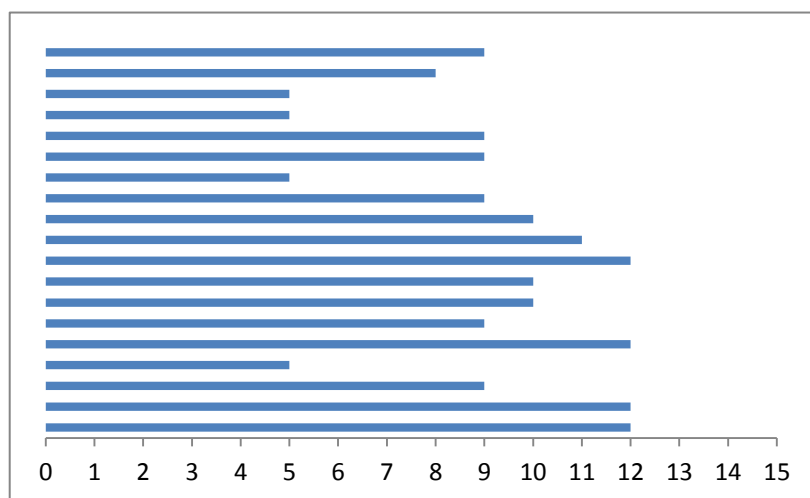
## 4. Resultater:

Hovedmålet med denne studien var å se på effekten av øvelsene Nordic Hamstring og Stegserier på hurtighet hos unge fotballspillere. Det ble utformet to hovedhypoteser: Trening med stegserier ville føre til en reduksjon i tid brukt på 40 meter, med størst utslag de første meterne.

Trening med Nordic

Hamstring vil føre til en

reduksjon i tid brukt på 40 meter, med størst utslag de siste meterne av 40 meteren.



Figur 6: Antall økter gjennomført av de ulike forsøkspersonene

I figur 1 viser en oversikt over antall økter hver enkelt deltaker har gjennomført. Totalt var det planlagt 15 økter, men tre av øktene ble ikke gjennomført grunnet at treningsanlegget ble disponert av andre, og et tett oppkjøringsprogram gjorde at det ikke var mulig å ta disse igjen på et seinere tidspunkt.

Resultatene på 40 meter viser en reduksjon i tid bruk på 40 meter (gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik) på  $-0,03 \pm 0,07$ ,  $-0,09 \pm 0,15$  og  $-0,05 \pm 0,08$  for henholdsvis kontroll-, NH- og SS-gruppen (tabell 1). NH-gruppen har en reduksjon på 0,8 sek allerede etter 5 meter, mens for SS og kontroll skjer endringen i hurtighet gradvis med en størst endring mot slutten av 40 meter løpet. Når vi sammenligner NH og SS med kontroll ved bruk av standardized cohens units finner vi en mulig positiv effekt av NH og SS-trening og at det er lite trolig at treningen har ført til en forverring av hurtighetsprestasjonen.



Tabell 2: Forbedring i hurtighet for de forskjellige mellomtidene uttrykt som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik (sek) og som effect size (ES)  $\pm$  SD

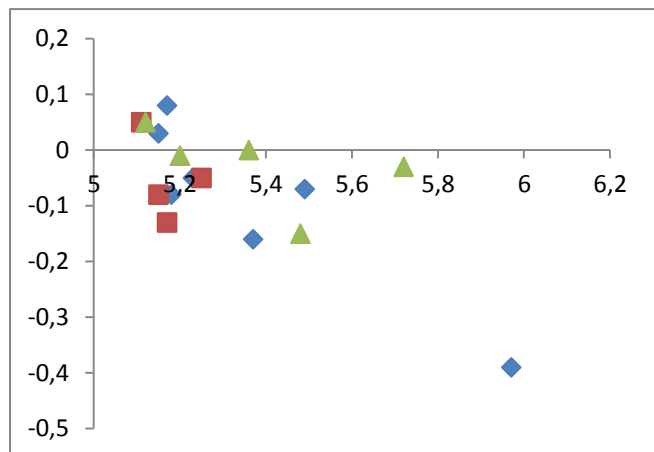
**Rådata**

Gruppe	5 meter	10 meter	30meter	40 meter
Kontroll	0,00 $\pm$ 0,03	-0,01 $\pm$ 0,03	-0,02 $\pm$ 0,05	-0,03 $\pm$ 0,07
NH	-0,08 $\pm$ 0,17	-0,09 $\pm$ 0,17	-0,09 $\pm$ 0,18	-0,09 $\pm$ 0,15
SS	-0,01 $\pm$ 0,04	-0,01 $\pm$ 0,04	-0,03 $\pm$ 0,09	-0,05 $\pm$ 0,08

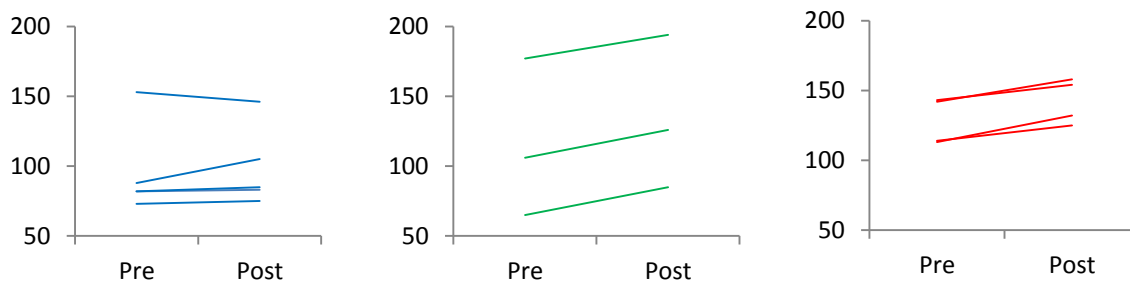
**Effect size**

Gruppe	5 meter	10 meter	30meter	40 meter
Kontroll	0,01 $\pm$ 0,14	-0,05 $\pm$ 0,14	-0,09 $\pm$ 0,22	-0,12 $\pm$ 0,32
NH	-0,35 $\pm$ 0,71	-0,38 $\pm$ 0,72	-0,37 $\pm$ 0,75	-0,39 $\pm$ 0,65
SS	-0,06 $\pm$ 0,31	-0,08 $\pm$ 0,31	-0,21 $\pm$ 0,74	-0,44 $\pm$ 0,63

For å undersøke hvorvidt pre-resultatene hadde en påvirkning på fremgangen observert i hurtighetstestene ble det gjennomført en korrelasjon mellom tiden på 40 meter sprint ved pre-testen og fremgang i hurtighet. Resultatet viste en korrelasjon på -0,72. Det var en av deltaker som hadde en fremgang på 0,4 sekunder på 40-meter sprint. Denne utøveren var med på å påvirke resultatene i stor grad og uten denne i analysen ville p-verdien blitt - 0,36.



Figur 7: X,Y plott for pre-tiden på 40 meter og forbedring i hurtighet



Figur 8: Endring i isometrisk knefleksjon ved 20 ° fra pre-testen til post-testen for kontroll (venstre). Steerserier (midten) og nordic hamstring (høyre).

Et utvalg av deltakerne ble også testet i dynamisk og isometrisk kneekstensjon og fleksjon. Fleksjonstestene viste at Nordic Hamstring trening førte til en økning i dynamisk knefleksjon på  $10,33 \pm 1,15$  Nm. I tillegg førte NH-trening til en økning på  $13,67 \pm 4,62$  Nm i isometrisk knefleksjon ved 70 °. Ser vi på kontroll og SS-gruppene finner vi en liten økning ved dynamisk fleksjon og isometrisk fleksjon ved 70 °. Ved isometrisk knefleksjon 20 ° øker SS med  $18,25 \pm 2,06$  Nm, mot  $3,20 \pm 8,76$  Nm hos kontroll (tabell 2) Økningene i isometrisk knefleksjon ved 20 ° tilsvarer en effect size (ES) på  $0,12 \pm 0,32$ ,  $0,50 \pm 0,17$  og  $0,57 \pm 0,06$  for henholdsvis kontroll, NH og SS. Resultatene for de andre fleksjonstestene er presentert i tabell 3.

Tabell 3: Forbedring i knefleksjonsstyrke i de ulike testene. Resultatene er uttrykt som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik og effect size  $\pm$  standardavvik. Dyn.flek = Dynamisk fleksjon 60°/sek, Iso.flek70 = Isometrisk knefleksjon ved 70 °, Iso.flek20 = Isometrisk knefleksjon ved 20 °

#### Rådata

Gruppe	Dyn.flek	Iso.flek70	Iso.flek20
Kontroll	$4,60 \pm 13,75$	$8,00 \pm 11,00$	$3,20 \pm 8,76$
NH	$10,33 \pm 1,15$	$5,33 \pm 7,09$	$13,67 \pm 4,62$
SS	$5,00 \pm 8,29$	$8,50 \pm 9,75$	$18,25 \pm 2,06$

#### Effect size

Gruppe	Dyn.flek	Iso.flek70	Iso.flek20
Kontroll	$0,17 \pm 0,49$	$0,29 \pm 0,40$	$0,12 \pm 0,32$
NH	$0,38 \pm 0,04$	$0,20 \pm 0,26$	$0,50 \pm 0,17$
SS	$0,16 \pm 0,26$	$0,27 \pm 0,30$	$0,57 \pm 0,06$

Det ble også gjennomført ekstensjonstester, men i motsetning til fleksjonstesten var det få av testene som viste en generell fremgang og de testene som viste en effekt hadde en stor spredning i resultatene (tabell 4).

Tabell 4: Forbedring i kneekstensjon i de ulike testene. Resultat er uttrykket som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik og effect size  $\pm$  standardavvik. Dyn.eks = Dynamisk ekstensjon, Iso.eks70 = Isometrisk ekstensjon ved 70°, Iso.eks20 = Isometrisk ekstensjon ved 20°.

#### Rådata

	Iso.eks20	Iso.eks70	Dyn.eks
Kon	7,00 $\pm$ 25,56	21,60 $\pm$ 30,88	-7,40 $\pm$ 27,3
NH	6,00 $\pm$ 14,18	12,00 $\pm$ 12,53	-3,67 $\pm$ 16,26
SS	4,50 $\pm$ 18,86	3,75 $\pm$ 38,98	-4,50 $\pm$ 26,6

#### Effect size

Kon	0,12 $\pm$ 0,51	0,10 $\pm$ 1,06	-0,12 $\pm$ 0,72
NH	0,19 $\pm$ 0,44	0,37 $\pm$ 0,39	-0,11 $\pm$ 0,51
SS	0,22 $\pm$ 0,8	0,67 $\pm$ 0,97	-0,23 $\pm$ 0,85

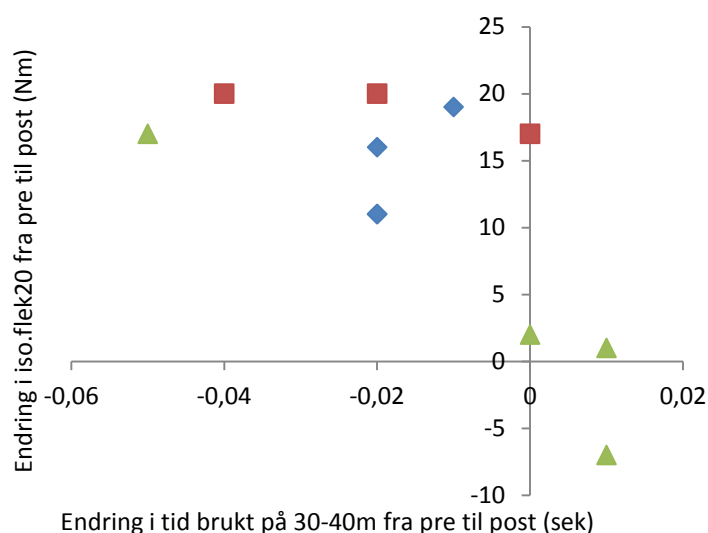
I tillegg til å sammenligne de ulike gruppene, ble det gjennomført en samlet korrelasjonsanalyse mellom splittidene på 40 meter og alle styrketestene (tabell 5). Resultatene ved knefleksjon ved 20° viste en tendens til bedre korrelasjon med splittidene lengre ut i løpet og nådde signifikans ved 30-40m (Tabell 4).

Den beste korrelasjon ble funnet

mellom splittiden 30-40 meter og isometrisk knefleksjon ved 20°

( $r = -0,70$   $p=0,017$ ) (figur 9). Det ble

funnet en positiv korrelasjon ved isometrisk kneekstensjon ved 20° og de ulike splittidene i 40 meter sprint.



Figur 9: X.Y plott for endring i 30-40m splittid sett i forhold til endring i isometrisk knefleksjon ved 20°

Tabell 5: P-verdier for Pearsons produkt moment korrelasjon for de ulike splittidene i 40 meter sprint og forbedringen i de ulike styrketestene. \*  $p < 0,05$

<b>Forbedring i</b>						
<b>tid</b>	<b>Iso.flek20</b>	<b>Iso.flek70</b>	<b>Dyn.flek</b>	<b>Iso.eks20</b>	<b>Iso.eks70</b>	<b>Dyn.eks</b>
<b>5 meter</b>	-0,27	0,56	0,12	0,54	0,06	0,21
<b>5-10 meter</b>	-0,01	-0,38	-0,11	0,24	-0,15	-0,36
<b>10-30 meter</b>	-0,46	-0,03	-0,03	0,21	0,00	-0,03
<b>20-40 meter</b>	-0,37	-0,49	-0,17	0,52	-0,05	-0,08
<b>30-40 meter</b>	-0,70*	-0,34	-0,04	0,67	0,26	0,11

## 5. Diskusjon

Hovedfunnene i denne studien var endringene i tid på 40 meter sprint. NH- og SS-trening førte til en reduksjon i tid brukt 40 meter med  $-0,09 \pm 0,15$  (sek) og  $-0,05 \pm 0,8$  (sek) (tabell 1). Den respektive endringen i kontrollgruppen var på  $-0,03 \pm 0,07$  (sek). Både NH og SS-gruppen oppnådde moderat effekt av treningen. Standardiserte Cohens enheter rapporterte en mulig positiv effekt av trening av NH og SS sammenlignet med kontroll. Det som er verdt å merke seg er at den gjennomsnittlige endringen for NH-gruppen i starten av løpet i stor grad ble påvirket av en utøver som hadde en stor reduksjon i tiden allerede etter 5 meter. De resterende deltakerne viste en reduksjon først mot slutten av 40m løpet, noe som var i samsvar med hypotesen jeg framsatte. Studien fant også en moderat økning i isometrisk hamstringsstyrke ved  $20^\circ$  etter trening av NH og SS, med ingen økning i kontrollgruppen. Det ble også funnet en tendens til økning i dynamisk fleksjon hos NH-gruppen, men ingen økning i de andre gruppene. I tillegg ble det funnet en signifikant sammenheng mellom fremgangen i isometrisk knefleksjon ved  $20^\circ$  og reduksjon i tiden bruk på de siste ti meterne av 40m sprinttesten.

### 5.1 Hurtighet

Det har tidligere blitt rapportert en bedring av hurtighetsprestasjon på mellom 1-7 % (Rønnestad et al., 2008; Helgerud, Rodas, Kemi, & Hoff, 2011b; Moir et al., 2007; Delecluse et al., 1995). Helgerud et al., (2011b) rapporterte en reduksjon i tid på 10 meter sprint på 0,06 sekunder ved knebøy trening, mens Rønnestad et al., (2008) fant en tilsvarende reduksjon på 40 meter sprint etter 8 ukers knebøytrening med en lignende protokoll.

Det blir vanskelig å sammenligne funnene i de ulike studiene med funnene i denne studien grunnet forskjell i treningsøvelser og forsøksprotokoll. De fleste studiene har benyttet knebøy som styrkeøvelse og alle benytter dynamiske (konsentrisk-eksentrisk) muskelaksjoner. Nordic Hamstrings trening på sin side har fokus på kun en muskelgruppe i underekstremitetene og benytter eksentriske muskelaksjoner. Askling et al., (2003) fant en reduksjon i tid på 0,074 sek fra 20-50m i en sprint.

Nordic Hamstring er en treningsøvelse som har som hovedmål å bedre styrken i hamstringsmuskulaturen. Dette er den første studien som ser på effekten av trening med NH på hurtighet. Det har gjentatte ganger blitt vist at NH har en skadeforebyggende effekt

(Arnason et al., 2008; Petersen, Thorborg, Nielsen, Budtz-Jorgensen, & Holmich, 2011; Schache, 2012). Forklaringen bak dette kan antageligvis relateres til en økning i styrke (Mjolsnes et al., 2004).

NH er en lite bevegelsesspesifikk treningsøvelse i forhold til sprint (se 3.3. Trening). Øvelsen fokuserer på å senke overkroppen fremover mot bakken så rolig som mulig. I sprintløp varierer tiden man er i kontakt med bakken i et sprintsteg fra 0,3-0,08 sekunder avhengig av om man er i akselerasjon eller toppfartsfasen (Nytrø et al., 1988). Dette krever raske muskelaksjoner i motsetning til NH-trening. I tillegg arbeider man bare eksentrisk i NH, mens innslaget av eksentrisk muskelarbeid i en sprint er lite. Trening av denne hamstringsøvelsen kunne muligens ha ført til en reduksjon i hastighetsprestasjon og være med på å forklare noe av den skadeforebyggende effekten.

Imidlertid fant vi i denne studien en indikasjon på at trening med NH kan føre til en økning i hurtighet hos unge fotballspillere. Dette støttes av Askling et al., (2003) som fant en bedring av hurtighetsprestasjon på 2,4 %. Bidraget fra hamstringsmuskulaturen under sprint, spesielt i maksimal hastighetsfasen er vel dokumentert (Delecluse, 1997). I tillegg blir en kraftig trekkbevegelse skapt av hofteleddsstrekkene og knebøyene ved fotsett under maksimal løpshurtighet nevnt som en viktig faktor en stor maksimal løpshurtighet (Nytrø et al., 1988). NH-trening har tidligere vist seg å være effektiv i å øke styrken i hamstringsmuskulaturen (Mjolsnes et al., 2004), og kan derfor være noe av forklaringen på hvorfor NH-trening har ført til en bedring i hurtighetsprestasjon.

SS- trening førte til en reduksjon i tid brukt på 40 meter sprint på  $-0,05 \pm 0,08$  sek. Dette er innenfor de  $-0,12 \pm 0,14$  sek som tidligere har blitt rapportert på 40 meter sprint (Saez De Villarreal et al., 2012). Chelley et al., (2010b) fant en økning hastighet på 0,4, 0,4 og 0,8 m/sek ved henholdsvis første steg og de 0-5m og 35-40m sprint etter 8 ukers plyometrisk trening.

Plyometrisk trening inneholder øvelser som fokuserer på vertikal forflytning (Saez de Villarreal et al., 2008; Chelly et al., 2010b) eller en kombinasjon av vertikal og horisontal forflytning (Luebbers et al., 2003; Meylan & Malatesta, 2009; Saez De Villarreal et al., 2012). På tross av dette er det mange som hevder at plyometrisk trening som har som hensikt å bedre sprintprestasjonen i stor grad bør inneholde øvelser med fokus på horisontal

forflytning. Det er generelt akseptert at spesifisitet i treningsarbeidet er viktig for å oppnå optimal effekt, og bevegelseslikheten mellom sprint og horisontal plyometrisk trening er nok noe av bakgrunnen for denne argumentasjonen. På bakgrunn av min viten er det ingen studier som tidligere har sett på effekten av utelukkende horisontal plyometrisk trening på hurtighet. Denne studien er den første til å indikere at plyometrisk trening med utelukkende fokus på horisontal forflytning gir en effekt på løpshurtighet hos fotballspillere.

Den plyometriske treningen i denne studien var lagt inn som en del av oppvarmingen eller avslutningen av en økt med en varighet på ca 15 minutter. Det ble gjennomført mellom 24-36 hopp per økt og mellom 1-3 økter per uke over 5 uker. Tidligere studier har vist at trening med et nedre volum på 60 hopp per økt og 1 økt per uke har ført til en økning i sprintprestasjon på 20 meter sprint (Saez de Villarreal et al., 2008). Antall hopp per uke i denne studien vil mot slutten av intervensjonen nærme seg det som er anbefalt av Saez de Villarreal et al., (2012) og overstiger treningsvolumet som er dokumentert i studien til Saez de Villarreal et al., (2008).

Som tidligere nevnt førte SS til en økning i hurtighet, men i motsetning til den fremsatte hypotesen skjedde den største endringen mot slutten av 40meteren. Bakgrunnen for antagelsen om at SS skulle føre til en økning av akselerasjonshurtighet har sammenheng med den tekniske gjennomførelsen av øvelsen (se 3.3. Trening). Tanken er at utøverens fotisett skal være på linje eller rett foran tyngdelinje ved fotisett og at overkroppen flyttes fremover i løpet av bakkekontakten slik at utøveren skal starte nytt fraskyv når foten til utøveren er rett bak tyngdelinje. Dette fører til aktiv bruk av strekkapparatet for å oppnå lengst mulig steglengde. I tillegg vil kontakttiden i øvelsen ligge nærmere akselerasjonsfasen i sprintløp (Nytrø et al., 1988). Utøvernes tekniske utførelse ble gjennomført i henhold til protokollen, men det var en generell observasjon at fotisetet og skyvet startet foran tyngdelinjen til utøveren i stede for rett bak. Dette fører til en endring av muskelbruken i øvelsen fra hovedvekt på gastrocnemius, quadriceps og gluteus, til økt bruk av hamstringsmuskulaturen ved fotisett, og gjennom steget. Endring av fotisetet førte til en endring i bevegelsesmønsteret i øvelsen fra, ekstensjon i hoften og kneleddet til fleksjon/fiksering av kneleddet og en ekstensjon av hoften. Denne tekniske endringen av øvelsen fører til at bevegelseskaraktistikken i øvelsen går fra å være lik bevegelsen i akselerasjonsfasen til å ligne på bevegelsen i toppfartsfasen (se Delecluse (1997)). Dette kan være med på å forklare hvorfor endringen i hurtighet i større grad skjedde mot slutten av 40meteren.

## 5.2 Styrke

I tillegg til økning i sprintprestasjon ble det også observert en økning i styrke for både NH og SS. NH hadde en økning på 6 % i dynamisk fleksjon ved 60°/sek ( $ES = 0,38 \pm 0,04$ ) og en økning på 11 % i isometrisk knefleksjon ved 20° ( $ES = 0,50 \pm 0,17$ ). Tidligere har Mjølshes et al., (2004) vist at NH-trening har ført til en økning på 7 % økning i isometrisk knefleksjon ved 30, 60 og 90° av knefleksjon etter en lignende protokoll med en varighet på 10 uker.

Forskjellen i økning etter treningen kan skyldes utgangsnivå på utøverne. I tillegg skal det nevnes at utøverne i denne studien gjennomførte treningen etter en måned uten fellestrening, noe som kan ha ført til en større økning. Økningen i styrke i denne studien er innenfor de 5-18 % som tidligere er blitt rapportert av andre etter eksentrisk trening (Blazevich et al., 2007; Hortobagyi et al., 1996; Vikne et al., 2006).

Det ble observert en økning i isometrisk knefleksjon ved 20°, men ingen økning i isometrisk knefleksjon ved 70°. Dette kan være en indikasjon på en endring i lengdespenningsforholdet til den aktiverte muskulaturen. Det er mulig at NH-trening har ført til en økt fasikkellengde og dermed vært med på å forskyve lengdespenningsforholdet mot den ytre delen av bevegelsesbanen. Dette kan ha ført til større fleksjonskraft i fotisett og dermed en økning i kraften som skyver kroppen fremover. Det ble undersøkt hvorvidt det forelå en endring i vinkelen hvor maksimalkraften inntraff i den dynamiske styrketesten, men det var ingen klar tendens (data ikke vist). Tidligere har eksentrisk styrketrening ført til en økning av fasikkellengden i vastus lateralis og biceps femoris (Seynnes et al., 2007; Potier et al., 2009). Selv om fasikkellengden ikke ble målt i denne studien, er det mulig at en økning av fasikkellengden i hamstringsmuskulaturen har sammenheng med den observerte økningen i isometrisk knefleksjon ved 20°.

SS førte til en økning på 16 % i isometrisk knefleksjon ved 20°, men ingen økning i de andre testene. Tidligere har plyometrisk trening ført til en økning på 6 % i dynamisk styrke (Saez de Villarreal et al., 2013). Saez de Villarreal et al., (2010) rapporterer i sin meta-analyse at man kan forvente en økning på  $24,9 \pm 18,6$  kg i 1RM knebøy etter plyometrisk trening. Økningen i isometrisk og isokinetisk kneekstensjon og fleksjon er rapportert til å være  $19,03 \pm 18,79$  og  $18,37 \pm 10,06$  kg. I denne meta-analysen blir det ikke gitt noe utgangsnivå og heller ikke rapportert en relativ fremgang. Det er derfor vanskelig å sammenligne resultatene fra denne studien med funnene i denne oppgaven. De fleste som undersøker effekten av plyometrisk



trening, benytter seg av knebøy, beinpress og isometriske kneekstensjonstester, og det er derfor vanskelig å sammenligne fremgangen i andre studier med denne.

I hypotesen forventet jeg at den plyometriske treningen skulle føre til en økning i kneekstensjon, men det ble observert en økning i knefleksjon. Grunnen til dette kan delvis relateres til endringen i den tekniske utførelsen (se 5.1|. Hurtighet).

Resultatene fra styrketestene kan være med på å forklare hvorfor endringen i sprintprestasjon først ble tydelig mot slutten av 40meteren. Nesser et al., (1996) fant en god korrelasjon mellom fleksjonsstyrke og 40meter sprint mens Delecluse (1997) demonstrerte et økende bidrag fra knefleksorene ved økende sprintdistanse i en 40meter sprint. I tillegg nevner Nytrø et al., (1988) at en aktiv trekkbevegelse ved fotsett skapt av hoft og knefleksorer er en viktig bidragsyter til sprintprestasjon Disse funnene kan være med på å understreke viktigheten av hamstringstyrken i relasjon til sprintprestasjonen.

Det ble gjennomført en korrelasjonsanalyse som så på forholdet mellom splittidene på 40meter sprint og de ulike styrketestene. Det mest interessante funnet var korrelasjonen mellom isometriske fleksjonstestene ved 20 ° og de ulike splittidene for hurtighet. Det ble observert en generell trend mot at sammenhengen mellom maksimalt isometrisk dreiemoment ved 20° og økning i hurtighetsprestasjon økte utover i 40meter sprinten. Det ble funnet en signifikant sammenheng mellom isometrisk fleksjonskraft 20° og de siste 10 meterne av 40meter sprint ( $r = 0,7$ ,  $p = 0,017$ ). Dette funnet stemmer overens med Nesser et al., (1996) som fant en korrelasjon på  $r = - 0,613$  mellom 40 meter sprint tid og isokinetisk knefleksjon ved 7,85 rad/sek.

Smirniotou et al., (2008) viser til en motsatt trend når de ser på sammenhengen mellom knebøyhopp og splittider på 100meter sprint. Her reduseres korrelasjonen desto lengre man kommer ut i løpet. Knebøyhopp stiller i stor grad krav til styrken i strekkapparatet, og herunder plantarfleksorene, knestrekkerne og hoftleddsstrekkerne. Delecluse (1997) fant et økende bidrag fra knefleksorene og et redusert bidrag fra plantarfleksorene og kneekstesorene ved økende sprintdistanse i en 40 meter sprint.

Disse funnene er med på å understreke at de ulike fasene av en sprint stiller ulike krav til den involverte muskulaturen. I tillegg understreker funnene viktigheten av god hamstringsstyrke i

topphastighetsfasen. På bakgrunn av dette er det gode indikasjoner på at Nordic Hamstring trening kan føre til en økning i hurtighet.

I tillegg til økningen i styrke hos SS og NH var det en deltaker i kontrollgruppen som også økte i styrke. En mulig forklaring på dette er at denne utøveren kom til klubben rett før oppstart av prosjektet og var vant med et lavere treningsvolum. Utøveren gikk fra 3 økter i uken til 5 økter pluss kamp, denne økningen i treningsvolum kan ha resultert i at fotballtreningen alene har gitt en økning i styrke og hurtighet. Denne utøveren reduserte også tiden på de 10 siste meterne med 0,05 sek. Hvorvidt endringen i hurtighet kommer som følge av endringen i styrke er usikkert. Endringen i hurtighet kan også skyldes økning i treningsdoser og et lavt utgangsnivå (Caldwell & Peters, 2009; Hammami et al., 2013).

### **5.3 Begrensende faktorer**

Det ble gjennomført en analyse for å undersøke hvorvidt økningen i hurtighet ble påvirket av utgangsnivået til hurtighetsprestasjonen til utøverne. Det ble funnet en god sammenheng mellom pre-verdiene og fremgangen i hurtighet, men analysen ble i stor grad påvirket av én utøver som hadde en stor fremgang, med et dårlig utgangspunkt. Analysen ble også gjennomført uten denne deltakeren og sammenhengen ble da betydelig redusert ( $r = -0,72$  til  $-0,37$ ). Fremgangen til uteliggeren på  $-0,4$  sekunder er langt over det som tidligere er rapportert på 40meter. Det er mulig at utøveren var sliten ved pre-testen, eller at utøveren ikke var motivert for å yte maks, og at dette kan ha vært med på å påvirke resultatene. I tillegg kan den store økningen skyldes feil i tidtaking ved pre eller post-test, men dette er lite sannsynlig grunnet en liten spredning i resultatene fra de tre forsøkene ved testene.

Antallet forsøkspersoner i denne studien varierte fra test til test, med kun 3 forsøkspersoner i en av gruppene ved styrketestene som det laveste antallet. Det lave antallet forsøkspersoner fører til at funnene i denne studien på sitt beste kan betraktes som tendenser eller indikasjoner på en effekt. Den individuelle responsen vil i stor grad ha en innvirkning på resultatene, og hvis en utøver oppnår motsatt virkning av majoriteten vil resultatene fra denne deltakeren endre en mulig observert fremgang til et utydelig resultat.

Treningen i denne studien hadde en varighet på 5 uker med 1-3 økter per uke. Dette er kortere enn gjennomsnittlig lengde på tidligere rapportert i styrkestudier (Wernbom et al., 2007) og kortere varighet enn anbefalt ved plyometrisk trening (Saez De Villarreal et al., 2012). Det

kan tenkes at den korte lengden i studien er med på å redusere effekten av treningen. I tillegg var der ingen objektiv måling på innsatsen under treningen. Det ble benyttet verbal oppmuntring for å sikre maksimal innsats. Hvorvidt dette var tilstrekkelig til å sikre maksimal innsats er vanskelig å si, men observasjon av utøverne under trening tilsier at innsatsen var nær maksimal.

Treningen i denne studien ble gjennomført i forsesongen til det norske ligasystemet. I denne perioden er det et stort fokus på å bygge opp en solid fysisk plattform. I tillegg kommer spillerne fra en fase med lite trening noe som kan føre til et lavt fysisk utgangsnivå. Caldwell & Peters (2009) har vist at det skjer en signifikant reduksjon i fysisk prestasjon mellom sesongslutt og oppstart av forsesongen. Denne reduksjonen kan føre til en større økning i prestasjon grunnet det lave utgangsnivået.

I tillegg til treningen i studien gjennomførte deltakerne i gjennomsnitt fem økter pluss kamp per uke. Det kan tenkes at treningen gjennomført i fellesøktene kan ha påvirket resultatene i studien. Caldwell et al., (2009) og Hammami et al., (2013) har begge vist en økning i fysisk prestasjon i løpet av en sesong hos henholdsvis semi-profesjonell og unge fotballspillere. På tross av dette ble det ikke funnet noen fremgang i kontrollgruppen, og dette er med på å styrke funnene i denne oppgaven.

Det er ikke blitt gjennomført noen sammenligning av grupper som sier noe om hvorvidt funnene er signifikante. Hopkins hevder at bruken av signifikansnivå og p-verdier er overvurdert og at den eliminerer mulig effekter av intervensjoner. Funnene i denne studie har moderat effekt på det beste og det kan tenkes at et høyere antall forsøkspersoner ville gitt et klarere bilde og en større effekt. Grunnet det lave antallet forsøkspersoner bør funnene i denne studien betraktes som tendenser eller indikasjoner.

## 6. Konklusjon

Nordic Hamstring og Stegserietrening ser ut til å ha en moderat effekt på hurtighetsprestasjon hos unge fotballspillere. Trening av NH og SS i henhold til protokollen i denne studien i hovedsak bedrer hurtighetsprestasjon i topphastighetsfasen.

Det ser også ut til at trening av NH og SS fører til en moderat økning av knefleksjonsstyrke. Denne økning hadde en god sammenheng med økningen i sprintprestasjon og kan forklare noe av mekanismene bak den observerte økningen i hurtighetsprestasjon. Denne studien er med på å bekrefte endringen i muskelbruk gjennom 40meter sprint med et økende bidrag fra hamstringsmuskulaturen lengre ut i løpet.

Nordic Hamstring ser ut til å kunne ha en trippel effekt hos fotballspillere. Denne studien indikerer at trening med NH kan føre til en bedring av hurtighetsprestasjon i tillegg til de tidligere rapporterte effektene på styrke og skadeforebygging.

Resultatene i denne studien kan i beste fall betraktes som tendenser eller indikasjoner. Studier med et høyere antall forsøkspersoner og lengre varighet er nødvendig for å bekrefte funnene i denne studien.

## 7. Referanse Liste

Alegre, L. M., Jimenez, F., Gonzalo-Orden, J. M., Martin-Acero, R., & Aguado, X. (2006). Effects of dynamic resistance training on fascicle length and isometric strength. *J.Sports Sci.*, *24*, 501-508.

Arnason, A., Andersen, T. E., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scand.J.Med.Sci.Sports*, *18*, 40-48.

Askling, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand.J Med.Sci.Sports*, *13*, 244-250.

Blazevich, A. J., Cannavan, D., Coleman, D. R., & Horne, S. (2007). Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. *J.Appl.Physiol*, *103*, 1565-1575.

Blazevich, A. J. & Jenkins, D. G. (2002). Effect of the movement speed of resistance training exercises on sprint and strength performance in concurrently training elite junior sprinters. *J Sports Sci.*, *20*, 981-990.

Bradley, P. S., Di, M. M., Peart, D., Olsen, P., & Sheldon, B. (2010a). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *J.Strength Cond.Res.*, *24*, 2343-2351.

Bradley, P. S., Di, M. M., Peart, D., Olsen, P., & Sheldon, B. (2010b). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *J.Strength Cond.Res.*, *24*, 2343-2351.

Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krustup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *J.Sports Sci.*, *27*, 159-168.

Braith, R. W., Graves, J. E., Pollock, M. L., Leggett, S. L., Carpenter, D. M., & Colvin, A. B. (1989). Comparison of 2 vs 3 days/week of variable resistance training during 10- and 18-week programs. *Int.J.Sports Med.*, *10*, 450-454.

Brughelli, M. & Cronin, J. (2007). Altering the length-tension relationship with eccentric exercise : implications for performance and injury. *Sports Med.*, *37*, 807-826.

Brughelli, M., Mendiguchia, J., Nosaka, K., Idoate, F., Arcos, A. L., & Cronin, J. (2010). Effects of eccentric exercise on optimum length of the knee flexors and extensors during the preseason in professional soccer players. *Phys Ther Sport*, *11*, 50-55.

Caldwell, B. P. & Peters, D. M. (2009). Seasonal variation in physiological fitness of a semiprofessional soccer team. *J Strength Cond.Res.*, *23*, 1370-1377.

Campillo, R. R., Andrade, D. C., & Izquierdo, M. (2012). EFFECTS OF PLYOMETRIC TRAINING VOLUME AND TRAINING SURFACE ON EXPLOSIVE STRENGTH. *J.Strength Cond.Res.*.

Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F. et al. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur.J.Appl.Physiol*, *88*, 50-60.

Candow, D. G. & Burke, D. G. (2007). Effect of short-term equal-volume resistance training with different workout frequency on muscle mass and strength in untrained men and women. *J.Strength.Cond.Res.*, *21*, 204-207.

Carroll, T. J., Abernethy, P. J., Logan, P. A., Barber, M., & McEniery, M. T. (1998). Resistance training frequency: strength and myosin heavy chain responses to two and three bouts per week. *Eur.J.Appl.Physiol Occup.Physiol*, *78*, 270-275.

Castillo-Rodriguez, A., Fernandez-Garcia, J. C., Chinchilla-Minguet, J. L., & Carnero, E. A. (2012). Relationship between muscular strength and sprints with changes of direction. *J.Strength Cond.Res.*, *26*, 725-732.

Chelly, M. S., Cherif, N., Amar, M. B., Hermassi, S., Fathloun, M., Bouhlel, E. et al. (2010a). Relationships of peak leg power, 1 maximal repetition half back squat, and leg muscle volume to 5-m sprint performance of junior soccer players. *J.Strength Cond.Res.*, *24*, 266-271.

Chelly, M. S., Ghenem, M. A., Abid, K., Hermassi, S., Tabka, Z., & Shephard, R. J. (2010b). 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.

Chestnut, J. L. & Docherty, D. (1999). The Effects of 4 and 10 Repetition Maximum Weight-Training Protocols on Neuromuscular Adaptations in Untrained Men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *13*.

Chimera, N. J., Swanik, K. A., Swanik, C. B., & Straub, S. J. (2004). Effects of Plyometric Training on Muscle-Activation Strategies and Performance in Female Athletes. *J.Athl.Train.*, 39, 24-31.

Chmielewski, T. L., Myer, G. D., Kauffman, D., & Tillman, S. M. (2006). Plyometric exercise in the rehabilitation of athletes: physiological responses and clinical application. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 36, 308-319.

Claudino, J. G., Mezencio, B., Soncin, R., Ferreira, J. C., Couto, B. P., & Szmuchrowski, L. A. (2012). Pre vertical jump performance to regulate the training volume. *Int.J.Sports Med.*, 33, 101-107.

Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L., & Clarkson, B. (2013). Relationships between strength, sprint and jump performance in well trained youth soccer players. *J Strength Cond.Res.*

De Villarreal , S., Requena, B., & Newton, R. U. (2010a). Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *J.Sci.Med.Sport*, 13, 513-522.

De Villarreal , S., Requena, B., & Newton, R. U. (2010b). Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *J.Sci.Med.Sport*, 13, 513-522.

Delecluse, C. (1997). Influence of strength training on sprint running performance. Current findings and implications for training. *Sports Med.*, 24, 147-156.

Delecluse, C., Van, C. H., Willems, E., Van, L. M., Diels, R., & Goris, M. (1995). Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Med.Sci.Sports Exerc.*, 27, 1203-1209.



Di Salvo, V., Baron, R., Gonzalez-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F., & Bachl, N. (2010). Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *J.Sports Sci.*, *28*, 1489-1494.

Duchateau, J. & Baudry, S. (2013). Insights into the neural control of eccentric contractions. *J Appl.Physiol.*

Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J.Sports Sci.*, *30*, 625-631.

Folland, J. P. & Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training : morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med.*, *37*, 145-168.

Foure, A., Nordez, A., & Cornu, C. (2010). Plyometric training effects on Achilles tendon stiffness and dissipative properties. *J.Appl.Physiol*, *109*, 849-854.

Foure, A., Nordez, A., McNair, P., & Cornu, C. (2011). Effects of plyometric training on both active and passive parts of the plantarflexors series elastic component stiffness of muscle-tendon complex. *Eur.J.Appl.Physiol*, *111*, 539-548.

Hammami, M. A., Ben, A. A., Nebigh, A., Le, M. E., Ben, O. O., Tabka, Z. et al. (2013). Effects of a soccer season on anthropometric characteristics and physical fitness in elite young soccer players. *J Sports Sci.*, *31*, 589-596.

Helgerud, J., Rodas, G., Kemi, O. J., & Hoff, J. (2011a). Strength and endurance in elite football players. *Int.J.Sports Med.*, *32*, 677-682.

Helgerud, J., Rodas, G., Kemi, O. J., & Hoff, J. (2011b). Strength and endurance in elite football players. *Int.J.Sports Med.*, 32, 677-682.

Hopkins WG. (7-11-2003). A spreadsheet for analysis of straightforward controlled trials. *Sportscience* [7].

Ref Type: Online Source

Hortobagyi, T., Hill, J. P., Houmard, J. A., Fraser, D. D., Lambert, N. J., & Israel, R. G. (1996). Adaptive responses to muscle lengthening and shortening in humans. *J.Appl.Physiol*, 80, 765-772.

Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Martino, F., Fiorini, S., & Wisloff, U. (2008). Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. *Br.J.Sports Med.*, 42, 42-46.

Kale, M., Asci, A., Bayrak, C., & Acikada, C. (2009). Relationships among jumping performances and sprint parameters during maximum speed phase in sprinters. *J.Strength Cond.Res.*, 23, 2272-2279.

Krieger, J. W. Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis.

Krieger, J. W. (2009). Single versus multiple sets of resistance exercise: a meta-regression. *J.Strength Cond.Res.*, 23, 1890-1901.

Krieger, J. W. (2010). Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis. *J.Strength Cond.Res.*, 24, 1150-1159.

Kubo, K., Morimoto, M., Komuro, T., Yata, H., Tsunoda, N., Kanehisa, H. et al. (2007). Effects of plyometric and weight training on muscle-tendon complex and jump performance. *Med.Sci.Sports Exerc.*, *39*, 1801-1810.

Kumagai, K., Abe, T., Brechue, W. F., Ryushi, T., Takano, S., & Mizuno, M. (2000). Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *J.Appl.Physiol*, *88*, 811-816.

Lephart, S. M., Abt, J. P., Ferris, C. M., Sell, T. C., Nagai, T., Myers, J. B. et al. (2005). Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program. *Br.J.Sports Med.*, *39*, 932-938.

Luebbbers, P. E., Potteiger, J. A., Hulver, M. W., Thyfault, J. P., Carper, M. J., & Lockwood, R. H. (2003). Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. *J.Strength Cond.Res.*, *17*, 704-709.

Markovic, G. & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Med.*, *40*, 859-895.

Marshall, P. W., McEwen, M., & Robbins, D. W. (2011). Strength and neuromuscular adaptation following one, four, and eight sets of high intensity resistance exercise in trained males. *Eur.J.Appl.Physiol*, *111*, 3007-3016.

McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R. U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J.Strength Cond.Res.*, *16*, 75-82.

McLester, J. R. J., BISHOP, E., & Guilliams, M. (2000). Comparison of 1 Day and 3 Days Per Week of Equal-Volume Resistance Training in Experienced Subjects. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14.

Mero, A., Komi, P. V., & Gregor, R. J. (1992). Biomechanics of sprint running. A review. *Sports Med.*, 13, 376-392.

Meylan, C. & Malatesta, D. (2009). Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players. *J.Strength Cond.Res.*, 23, 2605-2613.

Mjolsnes, R., Arnason, A., Osthagen, T., Raastad, T., & Bahr, R. (2004). A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand.J.Med.Sci.Sports*, 14, 311-317.

Mohr, M., Krustup, P., Andersson, H., Kirkendal, D., & Bangsbo, J. (2008a). Match activities of elite women soccer players at different performance levels. *J.Strength Cond.Res.*, 22, 341-349.

Mohr, M., Krustup, P., Andersson, H., Kirkendal, D., & Bangsbo, J. (2008b). Match activities of elite women soccer players at different performance levels. *J.Strength Cond.Res.*, 22, 341-349.

Moir, G., Sanders, R., Button, C., & Glaister, M. (2007). The effect of periodized resistance training on accelerative sprint performance. *Sports Biomech.*, 6, 285-300.

Monteiro, A. G., Aoki, M. S., Evangelista, A. L., Alveno, D. A., Monteiro, G. A., Picarro, I. C. et al. (2009). Nonlinear periodization maximizes strength gains in split resistance training routines. *J.Strength.Cond.Res.*, 23, 1321-1326.

Nesser, T. W., Latin, R. W., Berg, K., & Prentice, E. (1996). Physiological Determinants of 40-Meter Sprint Performance in Young Male Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 10.

Newman, M. A., Tarpenning, K. M., & Marino, F. E. (2004). Relationships between isokinetic knee strength, single-sprint performance, and repeated-sprint ability in football players. *J.Strength Cond.Res.*, 18, 867-872.

Nytrø, A., Enoksen, E., & Hetland, S. (1988). *Friidrettsteknikk*. Norges friidrettsforbund : Norges idrettshøgskole : Universitetsforlaget.

Petersen, J., Thorborg, K., Nielsen, M. B., Budtz-Jorgensen, E., & Holmich, P. (2011). Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer: a cluster-randomized controlled trial. *Am.J.Sports Med.*, 39, 2296-2303.

Potier, T. G., Alexander, C. M., & Seynnes, O. R. (2009). Effects of eccentric strength training on biceps femoris muscle architecture and knee joint range of movement. *Eur.J.Appl.Physiol*, 105, 939-944.

Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P. E., Rønnestad, B. R., & Wisnes, A. (2010). *Styrketrening : i teori og praksis*. Oslo: Gyldendal undervisning.

Requena, B., Garcia, I., Requena, F., de Villarreal, E. S., & Cronin, J. B. (2011). Relationship between traditional and ballistic squat exercise with vertical jumping and maximal sprinting. *J.Strength Cond.Res.*, 25, 2193-2204.

Rhea, M. R., Alvar, B. A., Ball, S. D., & Burkett, L. N. (2002). Three sets of weight training superior to 1 set with equal intensity for eliciting strength. *J.Strength.Cond.Res.*, 16, 525-529.

Rhea, M. R., Ball, S. D., Phillips, W. T., & Burkett, L. N. (2002). A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for strength. *J.Strength.Cond.Res.*, *16*, 250-255.

Robbins, D. W., Marshall, P. W., & McEwen, M. (2012). The effect of training volume on lower-body strength. *J.Strength.Cond.Res.*, *26*, 34-39.

Rønnestad, B. R., Egeland, W., Kvamme, N. H., Refsnes, P. E., Kadi, F., & Raastad, T. (2007). Dissimilar effects of one- and three-set strength training on strength and muscle mass gains in upper and lower body in untrained subjects. *J.Strength.Cond.Res.*, *21*, 157-163.

Rønnestad, B. R., Kvamme, N. H., Sunde, A., & Raastad, T. (2008). Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *J.Strength Cond.Res.*, *22*, 773-780.

Saez De Villarreal , E., Requena, B., & Cronin, J. B. (2012). The effects of plyometric training on sprint performance: a meta-analysis. *J.Strength Cond.Res.*, *26*, 575-584.

Saez De Villarreal , E., Requena, B., & Newton, R. U. (2010). Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *J.Sci.Med.Sport*, *13*, 513-522.

Saez de Villarreal, E., Gonzalez-Badillo, J. J., & Izquierdo, M. (2008). Low and moderate plyometric training frequency produces greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *J.Strength Cond.Res.*, *22*, 715-725.

Saez de Villarreal, E., Requena, B., Izquierdo, M., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2013). Enhancing sprint and strength performance: combined versus maximal power, traditional heavy-resistance and plyometric training. *J.Sci.Med.Sport*, *16*, 146-150.

Schache, A. (2012). Eccentric hamstring muscle training can prevent hamstring injuries in soccer players. *J.Physiother.*, 58, 58.

Seynnes, O. R., de, B. M., & Narici, M. V. (2007). Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *J.Appl.Physiol*, 102, 368-373.

Shield, A. & Zhou, S. (2004). Assessing voluntary muscle activation with the twitch interpolation technique. *Sports Med.*, 34, 253-267.

Simao, R., Spinetti, J., de Salles, B. F., Matta, T., Fernandes, L., Fleck, S. J. et al. (2012). Comparison between nonlinear and linear periodized resistance training: hypertrophic and strength effects. *J.Strength.Cond.Res.*, 26, 1389-1395.

Smirniotou, A., Katsikas, C., Paradisis, G., Argeitaki, P., Zacharogiannis, E., & Tziortzis, S. (2008). Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. *J.Sports Med.Phys.Fitness*, 48, 447-454.

Sooneste, H., Tanimoto, M., Kakigi, R., Saga, N., & Katamoto, S. (2013). Effects of training volume on strength and hypertrophy in young men. *J.Strength.Cond.Res.*, 27, 8-13.

Stone, W. J. & Coulter, S. P. (1994). Strength/Endurance Effects From Three Resistance Training Protocols With Women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 8.

Vikne, H., Refsnes, P. E., Ekmark, M., Medbo, J. I., Gundersen, V., & Gundersen, K. (2006). Muscular performance after concentric and eccentric exercise in trained men. *Med.Sci.Sports Exerc.*, 38, 1770-1781.

Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomee, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Med.*, *37*, 225-264.

Wu, Y. K., Lien, Y. H., Lin, K. H., Shih, T. T., Wang, T. G., & Wang, H. K. (2010). Relationships between three potentiation effects of plyometric training and performance. *Scand.J.Med.Sci.Sports*, *20*, e80-e86.



## 8. Figurliste

Figur 1: Antall sprinter i UEFA Champions League og UEFA Cup matches fordelt på distanse. Hentet fra Di Salvo et al., (2010) fig.2 s.4. ....	8
Figur 2: Bestemmende korrelasjonskoeffisient mellom 40m sprint og tre styrketest resultater: kneekstensjon (200/sek), ankelekstensjon (200/sek) og knefleksjon (65/sek). Det ble gjennomført en korrelasjonsanalyse per andre meter i løpet av 40meteren. Figur hentet fra Delecluse (1997) fig.2 s.4. ....	10
Figur 3: Grad av aktivering ved frivillige maksimale muskelaksjoner. Hentet fra Folland & Williams (2007).....	14
Figur 4: Sammenheng mellom estimert absolutt knebøystyrke (kg) og fem meter sprint tid (sek) hentet fra Comfort et al., (2013).....	15
Figur 5: Skisse av Nordic Hamstring øvelsen hentet fra Mjølunes, Arnason, Osthagen, Raastad & Bahr (2004) .....	17
Figur 6: Antall økter gjennomført av de ulike forsøkspersonene.....	30
Figur 7: X,Y plott for pre-tiden på 40 meter og forbedring i hurtighet.....	31
Figur 8: Endring i isometrisk knefleksjon ved 20 ° fra pre-testen til post-testen for kontrol (venstre), Stegserier (midten) og nordic hamstring (høyre).....	32
Figur 9: X.Y plott for endring i 30-40m splittid sett i forhold til endring i isometrisk knefleksjon ved 20 ° .....	33

## 9. Tabelliste

Tabell 1: Protokoll SS- og NH-trening .....	28
Tabell 2: Forbedring i hurtighet for de forskjellige mellomtidene uttrykt som gjennomsnitt $\pm$ standardavvik (sek) og som effect size (ES) $\pm$ SD .....	31
Tabell 3: Forbedring i knefleksjonsstyrke i de ulike testene. Resultatene er uttrykt som gjennomsnitt $\pm$ standardavvik og effect size $\pm$ standardavvik. Dyn.flek = Dynamisk fleksjon 60°/sek, Iso.flek70 = Isometrisk knefleksjon ved 70 °, Iso.flek20 = Isometrisk knefleksjon ved 20 ° .....	32
Tabell 4: Forbedring i kneekstensjon i de ulike testene. Resultat er uttrykket som gjennomsnitt $\pm$ standardavvik og effect size $\pm$ standardavvik. Dyn.eks = Dynamisk ekstensjon, Iso.eks70 = Isometrisk ekstensjon ved 70°, Iso.eks20 = Isometrisk ekstensjon ved 20°. .....	33
Tabell 5: P-verdier for Pearsons produkt moment korrelasjon for de ulike splittidene i 40 meter sprint og forbedringen i de ulike styrketestene. * $p < 0,05$ .....	34

## **10. Vedlegg:**

Infoskriv med samtykke

# Effekten av Stegserier og Nordic Hamstring på hurtighetsprestasjon i fotball.

## **Bakgrunn og Hensikt:**

Dette er et spørsmål til deg om deltagelse i en studie som har som hensikt å undersøke effekten av Nordic Hamstrings og Stegserier på hurtighetsprestasjon i fotball. I løpet av studien vil du som forsøksperson gjennomføre to ulike treningsprotokoller med en varighet på totalt 13 uker. I de siste årene har fotballen utviklet seg til en idrett der hurtighet og eksplosivitet er viktig. Stegserier er en vel utprøvd treningsmetode for å utvikle hurtighet innenfor sprintmiljøer i Norge og verden. Nordic Hamstrings har i forskning vist seg som en øvelse som kan ha en god skadeforebyggende effekt på strekkskader hos fotballspillere. Det er også vist en økning i styrke av muskulatur på baksiden av låret når man har trent denne øvelsen.

Hensikten med studien er å se på de ulike treningsformenes effekt på hurtighet i fotball, og hvordan en relativt liten treningsmengde kan påvirke hurtigheten. Studien vil gi klubben mulighet for å teste 40 meter sprint i regi av Olympiatoppen i tillegg til isometrisk og dynamisk styrke av knestrekkerne og bøyerne. Klubben som deltar får muligheten til å benytte treningsfasiliteter på Norges idrettshøgskole, herunder styrketreningslokalet og evt. hal/banetid. Det vil være oppnevnte personer fra Norges idrettshøgskole som vil gjennomføre og overvåke treningen slik at treningen utføres i henhold til den protokollen som lagt opp, i tillegg til å sørge for at treningen ikke skal føre til skader.

## **Hva innebærer studien.**

De som deltar i studien vil måtte møte til testing ved fire anledninger, to pre og posttest en for hver av periodene. Her vil det bli testet 40 meter sprint, dynamisk og isometrisk styrke. Mellom Pre og Post-testene vil det være en 6 ukers intervensjon periode der det vil bli gjennomført henholdsvis 15 minutter stegserier eller 15 min Nordic Hamstrings der en gruppe gjennomfører Stegserier først og deretter Nordic Hamstrings og den andre gruppen motsatt.

Du som utøver vil bli tilfeldig valgt til en av gruppene. Ved Pre og Post test vil det bli målt høyde og vekt i tillegg til de fysiske testene. All trening vil bli gjennomført i forbindelse med fellestreninger.

### **Mulige ulemper og risiko**

Gjennomføring av tester krever en del tid, motivasjon fra deg som deltaker de fire dagene du blir satt opp. Testene vil vare til sammen cirka 10 timer fordelt på de fire testdagene. Det er også nødvendig at trening og kosthold er så likt som mulig fra to dager før test og fram til testen. Testene krever at forsøkspersonene arbeider mot maksimal innsats, dette vil føles anstrengende og kan føre til utmattelse. Dagen(e) etter test kan man oppleve sår/stølhetsfølelse hovedsakelig i beina. Ved testing av maksimal styrke og hurtighet er det en risiko for strekk, men vi vil tilpasse oppvarmingen slik at vi minimere denne risikoen.

Om du skulle føle ubehag eller lurer på noe før, under eller etter testing er det bare å ta kontakt.

### **Hva skjer med prøvene og resultatene om deg.**

Dataene om deg vil du og treneren din få tilgang til, for alle andre vil dine resultater holdes anonymt. Resultatene vil bli brukt i henhold til studiens hensikt, og lagre i 5 år på Norges idretthøyskole. Når du møter på første testdag vil du få tildelt en tallkode. Denne tallkoden vil bli benyttet om dataene skal benytte av andre eller blir publisert, noe som sikrer at dataene dine vil bli holdt helt anonymt.

### **Frivillig deltagelse**

Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykke erklæringen på neste side. Du kan senere når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke deg fra studien. Dersom du har spørsmål om studien eller ønsker å trekke deg, ta kontakt med:

Georg Dyngeland  
Masterstudent/Forskningsleder  
Tlf: 99546863  
Mail: [Georg.Dyngeland@hotmail.no](mailto:Georg.Dyngeland@hotmail.no)

Eystein Enoksen  
Professor  
Tlf: 23 26 23 10 (10.00-16.00)  
Mail: [eystein.enoksen@nih.no](mailto:eystein.enoksen@nih.no)

## Samtykke til deltagelse i studien

Jeg er over 18 år.

Jeg er villig til å delta i studien.

\_\_\_\_\_ (Signert av prosjektdeltaker, dato)

\_\_\_\_\_

(Signert av foresatte, hvis deltaker er under 18 år)

\_\_\_\_\_ (Signert av forskningsleder, dato)