

Sterkere, raskere, bedre?

Sammenheng mellom individuelle forbedringer i styrkeintervensjon og endring gjennom prestasjonen i sprint, akselerasjon, nedbremsing, retningsforandring samt PlayerLoad™ i offisielle fotballkamper?

Per-Christian Grøtterød Pedersen

VEILEDER

Matthew Ronald Spencer – veileder

Thomas Bjørnsen – bi-veileder

Universitetet i Agder, 2022/23

Fakultet for helse- og idrettsvitenskap

Institutt for idrettsvitenskap og kroppsøving

Forord

Jeg hadde ikke trodd at jeg skulle skrive en mastergradsoppgave hvis jeg hadde blitt spurt for fem år siden, men nå er den levert. Det har vært noe av det mest lærerike og utfordrende jeg har gjort. Jeg har fått fordype meg i et svært interessant tema, men det har vært en øvelse å jobbe strukturert og målrettet over tid. Å skrive denne teksten har vært noe helt annet enn tidligere oppgaver i studentperioden, med forelesninger, arbeidskrav og eksamener å forholde seg til.

Jeg vil først og fremst takke min veileder, professor Matthew Ronald Spencer, og bi-veileder førsteamanuensis Thomas Bjørnsen. Uten deres støtte, faglige innspill og gode råd gjennom hele prosessen ville ikke denne masteroppgaven kunne blitt gjennomført.

Jeg vil også takke PhD-stipendiat Per Thomas Byrkjedal for at jeg fikk mulighet til å være med på hans prosjekt, samt de verdifulle diskusjonene vi har hatt. Jeg vil også takke alle fotballspillerne for godt samarbeid, og for at dere deltok i studien som gjorde det mulig å gjennomføre prosjektet.

Tusen takk til kjæreste, familie og venner som har støttet gjennom hele studietiden, og særlig det siste året med masteroppgaven. En spesiell takk til min gode onkel Tommas, som har hjulpet en dyslektiker med språkvask og korrektur. Eventuelle språklige feil eller uklarheter er selvsagt mitt fulle ansvar.

Per-Christian Grøtterød Pedersen, Kristiansand

Mai 2023

Forkortelser

Pmaks = Maksimale power (effekt) (Power er kraft ganger hastighet)

GPS = Global Positioning System (Globalt posisjonssystem)

GNSS = Global navigation satellite system (Globalt navigasjonssatellittsystem)

IRM = En repetisjon maksimum

RFD = Rate of force development (hastigheten på kraftutviklingen)

PLTM = PlayerloadTM

Au = Arbitrary units

HIR = Høyintensitetsløping (19,8–25,2 km/t)

TE = Typical error (feil margin)

TE% = Typical error in percent (prosentvis feilmargin)

SWC = Smallest wortwile change (minste verdifulle endring)

CV = Coefficient of variation (variasjonskoeffisient)

HIE = Høy intensive aksjoner (samlebetegnelse av Acc, Dec og CoD (>2,5 m/s))

Acc = Akselerasjoner (>2,5 m/s)

Dec = Oppbremsinger (>2,5 m/s)

CoD = Retningsforandringer (>2,5 m/s)

= Antall aksjoner

Sammendrag

Fotball er en kompleks idrett med omfattende krav. Dette gjør at fotballspillere har mange ferdigheter de må utvikle for å bli best mulig. Styrketrening blir brukt til å kunne forbedre noen av de fysiske ferdigheter som fotballspiller trenger, og fysiske ferdigheter blir ofte testet gjennom isolerte fysiske tester.

Denne studien har som hensikt å undersøke om det er sammenheng mellom endringer i en styrkeintervensjon og fysisk prestasjon i fotballkamp. Problemstillingen er slik: Er det en sammenheng mellom endringer i styrkeintervensjon og endringer i sprint, akselerasjon, nedbremsing, retningsforandring samt PlayerLoad™ i offisielle fotballkamper?

Det ble gjennomført en kohortstudie med åtte profesjonelle fotballspillere som ble individuelt analysert. Fysiske tester ble analysert ved typical error og smallest worthwhile change for å kunne si noe om endringer etter en ti ukers styrkeintervensjon. Endringene i fysisk test ble vurdert opp mot fysisk prestasjon i ti fotballkamper, analysert av smallest worthwhile change og variasjonskoeffisienten.

I studien finner en ingen klar sammenheng mellom endringer i fysiske tester i laboratorium og fysisk prestasjon for profesjonelle fotballspillere i offisielle fotballkamper, hvor spillerens kategorisering i endring fra fysisk test ikke samsvarer godt nok med kategorisering av endring fysisk prestasjon til å kunne se sammenheng i endringene. Med få deltagere er det vanskelig å kunne generalisere funnet, men resultatet fra denne studien tyder på lav sammenheng mellom endringer på isolerte eksplosive fysiske tester og endring i fysisk prestasjon for profesjonelle fotballspillere i fotballkamper.

Nøkkelord: Styrketrening, kampanalyse, fysisk prestasjon, fotball

Abstract

Soccer is a sport with complex and extensive demands, which means that soccer players have many skills to develop to become as good as possible. Strength training is used to improve some of the physical skills for soccer player, where physical skills are often assessed through isolated physical tests.

The purpose of this study is to examine whether there is a correlation between changes in strength intervention and physical performance in matches. The research questions are: Is there a correlation between changes in strength intervention and changes in sprint, acceleration, deceleration, change of direction and PlayerLoad™ in official soccer matches? A cohort study was conducted with eight professional soccer players, who were analyzed individually. Physical tests were analyzed using typical error and smallest worthwhile change to determine changes after a 10-week strength intervention. Changes in physical test were compared with physical performance in ten matches, assessed by smallest worthwhile change and coefficient of variation.

The study found no correlation between changes in laboratory physical tests and physical performance in official soccer matches, where changes in physical test did not correspond well enough with the same categorization of changes in physical performance on the soccer field to be able to observe a correlation between the changes. With few participants, it is difficult to generalize the finding, but the result of this study suggests little correlation between changes in isolated explosive physical tests and changes in physical performance for professional soccer players in matches.

Keywords: Resistance training, match analyzing, physical performance, soccer

Innholdsfortegnelse

FORORD	II
FORKORTELSER	III
SAMMENDRAG	IV
ABSTRACT	V
INNLEDNING	1
1 TEORI	2
1.1 FOTBALL – EN KOMPLEKS IDRETT	2
1.2 FYSISKE FERDIGHETER	5
1.2.1 <i>Generelle fysiske krav for fotballspiller</i>	5
1.2.2 <i>Posisjonsforskjeller</i>	9
1.2.3 <i>Forskjell mellom omganger</i>	11
1.2.4 <i>Fysisk endring over tid</i>	11
1.3 MONITORERING AV EKSTERN BELASTNING	12
1.3.1 <i>Globalt posisjonssystem og akselerasjonsbasert data i idrett</i>	12
1.3.2 <i>Globalt posisjonssystem og akselerasjonsbasert data i fotball</i>	14
1.4 STYRKETRENING	15
1.4.1 <i>Periodisering av styrketrening</i>	15
1.4.2 <i>Autoregulering</i>	16
1.4.3 <i>Autoregulerte intervensjoner</i>	19
1.4.4 <i>Styrketrening i fotball</i>	21
2. METODE	24
2.1 DESIGN	24
2.1.1 <i>Deltagere</i>	25
2.2 INTERVENsjONSPROSEDYRE	26
2.3 TESTPROSEDYRE	27
2.3.1 <i>10- og 30-meter sprint</i>	27
2.3.2 <i>Hopp med svikt</i>	28
2.3.3 <i>Keiser leggpress</i>	28
2.4 FYSISK PRESTASJON I OFFISIELLE FOTBALLKAMPER	28
2.4.1 <i>Påvirkningsfaktorer for fysisk prestasjon i fotballkamp</i>	29
2.5 STATISTIKK	29
2.6 ETIKK	31
3 RESULTATER	32
4 DISKUSJON	37
4.1 DISKUSJON AV RESULTATENE	37
4.2 METODISK DISKUSJON	43
4.3 IMPLIKASJONER FOR PRAKSIS OG VIDERE FORSKNING	51
5 KONKLUSJON	52
REFERANSER:	53
VEDLEGG 1	65
VEDLEGG 2	68
VEDLEGG 3	69

Innledning

Fotball er en av de største idrettene i verden, og det stilles mange ulike krav til fotballspillere for å kunne lykkes. Disse kravene vil variere utfra blant annet taktikk, posisjon og spillertype. Dette fører igjen til at det er flere ulike ferdigheter som er nødvendige for å kunne bli en elitespiller. Et av kravene som har fått økt fokus de siste ti årene, er de eksplosive ferdighetene (Barnes et al., 2014; Haugen et al., 2013). De eksplosive ferdighetene blir ofte utført før eller i helt kampavgjørende situasjoner (Faude et al., 2012). Wisløff et al. (2004) har sett på sammenhengen mellom styrketrening og eksplosive ferdigheter i fotball, og funnet en høy til tilnærmet perfekt korrelasjon mellom styrke i underekstremiteten og de eksplosive ferdighetene sprint og spenst. Boraczyński et al. (2020) ser ikke en like høy korrelasjon som Wisløff et al. (2004), men finner en moderat til sterk korrelasjon mellom styrke i underekstremiteten og lineær sprint. Det er også interessant å prøve å finne ut hvordan de eksplosive ferdighetene kan forbedres. Det ser ut til at evnen til å forbedre styrken i underekstremiteten gir en liten, men betydelig forbedring i eksplosive ferdigheter, i form av prestasjon i spenst og sprint (Chelly et al., 2009; Hammami et al., 2019; Rønnestad et al., 2011; Silva et al., 2015; Styles et al., 2016).

Styrke er altså en av flere ferdigheter som prioriteres blant fotballspillere. Det handler om skadeforebygging, men også om å øke styrken for å forbedre de eksplosive ferdighetene. Fotballspillere blir ofte testet i styrkeøvelser, spenst eller sprint for å følge med på om styrketreningen gir den ønskede effekten. Det har blitt svært vanlig for profesjonelle fotballspillere å bruke monitoreringssystemer for å følge med på spillernes fysiske prestasjon i kamp (Bourdon et al., 2017; Cummins et al., 2013; Gomez-Carmona et al., 2020). En måler flere ulike datavariabler avhengig av hva en ønsker å undersøke; topphastighet, hvor mye en løper i ulike hastighetssoner, antall sprinter, akselerasjon eller nedbremsinger. Det finnes også algoritmer som prøver å monitorere den totale belastningen, som PlayerLoadTM og Total Body Load. Denne teknologien blir brukt for å vurdere totalbelastning opp mot skaderisiko, måle den fysiske belastning for spillere når de er på vei tilbake fra skade eller analysere fysisk prestasjon i kamp. Teknologien brukes også for å sammenligne treninger og kamper, for på den måten å kunne følge med på om intensiteten på treningen samsvarer med intensiteten i kamp. Dette betyr altså å følge med på at en trener på de samme fysiske ferdighetene en utfører i fotballkamper.

Som nevnt kan det å utvikle maksimal styrke i underekstremiteten føre til økte prestasjoner. Spørsmålet er om endringer i isolerte fysiske tester gjennomført i laboratorium vil ha en overføringsverdi til den fysiske prestasjonen i kamp, eller om det er liten sammenheng mellom endringer i fysiske tester og endringer i fysisk prestasjon. En hypotese er at når en øker prestasjonen gjennom en isolert test i sprint, topphastighet eller power i underekstremiteten, vil spilleren ha en større evne til å kunne utføre eksplosive aksjoner i fotballkamp. Spørsmålet blir om fysiske endringer vil kunne bli sett på den fysiske prestasjonen i fotballkamper. Det er mange konfunderende faktorer som påvirker den fysiske prestasjon i fotballkamper og om kamp-til-kamp-variasjonen vil være for stor til å kunne se etter endringer.

Problemstillingen for denne oppgaven er:

Er det sammenheng mellom individuelle forbedringer i styrkeintervensjon og endring gjennom prestasjon i sprint, akselerasjon, nedbremsing, retningsforandring samt Player-Load™ i offisielle fotballkamper?

Problemstillingen vil bli forsøkt besvart gjennom de to sentrale spørsmålene: Vil en endring i styrke eller resultat på eksplosive tester vise seg på ulike parametere i fysisk prestasjon i fotballkamper? Er flere av de fysiske testene mindre gode for å kunne måle om de fysiske eksplosiveferdighetene er blitt forbedret?

1 Teori

1.1 Fotball – en kompleks idrett

Fotball er en av verdens største sport i antall deltagere. I 2006 gjennomførte FIFA (Fédération Internationale de Football Association) en stor undersøkelse som viste at det er totalt 265 millioner registrerte fotballspillere fra alle nivåer fra topp elite til barnefotball. Av disse er 26 millioner kvinner (*FIFA Big Count*, 2006). En annen rapport fra FIFA i 2019 melder om totalt 128.983 profesjonelle fotballspillere og 3.903 profesjonelle klubber (*Professional Football Report*, 2019). En fotballkamp har to omganger av 45 minutter med en pause på 15 minutter mellom. Fotballbanen må være mellom 100 til 110 meter lang og 64 til 75 meter bred for å møte internasjonale kriterier (*Spilleregler*, 2022). I Norge består de to øverste divisjonene av 16 lag i hver divisjon, noe som betyr 30 seriekamper per sesong. For å komme til cupfinalen kan en få sju kamper i tillegg til dette (Madsen, 2022). Noen få norske lag vil få mulighet til å kvalifisere seg til spill i Europa, noe som kan gi enda flere kamper. Fra første kvalifiseringsrunde til finalen

er det 21 kamper. De fleste norske lag spiller i overkant av 30 offisielle kamper per sesong, og noen få lag gjennomfører rundt 50 offisielle kamper. I Europa kan lagene som spiller flest kamper få rundt 60 offisielle kamper per sesong, avhengig av hvor langt en kommer i ulike turneringer.

Fotball er en åpen idrett der en kontinuerlig må ta hensyn til interaksjoner mellom spillere på begge lag, ballens posisjon, og andre faktorer som opererer i et dynamisk og konstant skiftende kampmiljø (Correia et al., 2013; Hallen & Ronglan, 2019, s. 179). Fotball handler ofte om et spill motspill (Bergo et al., 2002, s. 151), altså det som skjer i motsetningsforholdet mellom to lag som begge prøver å vinne. Dette gjør at fotball har mange ulike, komplekse krav, og dermed finnes det heller ikke en klar fasit på hva som kreves av en fotballspiller (Ali, 2011). I en fotballkamp vil prestasjon bli definert som interaksjoner av ulike tekniske, taktiske, mentale (Carling et al., 2008) og fysiologiske faktorer (Drust et al., 2007). Fotball er karakterisert som en idrett med korte sprinter, raske akselerasjoner eller nedbremsinger, vendinger, hopp, spark og taklinger (Wisløff et al., 1998). Dette er likevel kun en relativ liten del av alle de fysiske aksjonene som blir gjennomført i en kamp. De fleste aksjonene blir i fotball gjennomført med lav til moderat intensitet, men det er ofte de korte, eksplosive aksjonene som blir gjennomført i kampavgjørende situasjoner.

I eliteidrett er utøverne alltid ute etter de små marginene som kan være forskjellen mellom å lykkes eller ikke lykkes. Med alle kravene fotball stiller er det flere kategorier der spilleren kan hente inn eller endre de små marginene til sin fordel. Både tekniske, psykologiske, kognitive eller fysiologiske ferdigheter vil påvirke utøvernes prestasjon. Kvaliteten som utgjør den totale ferdigheten hos en utøver er svært sammensatt, for svakheter på enkelte områder kan kompenseres med gode ferdigheter på andre områder (Meylan et al., 2010; Stølen et al., 2005). Eksempelvis kan manglende hurtighet kompenseres med god spillforståelse. De tekniske ferdighetene henger sammen med de taktiske, som evnen til å ta rett valg til rett tid (Meylan et al., 2010).

Teknikk regnes som en viktig ferdighet for å kunne lykkes som fotballspiller (Meylan et al., 2010). Innenfor teknikk vil hovedkategoriene være blant annet pasninger, skudd og driblinger. Innenfor disse hovedkategoriene finnes det svært mange delferdigheter som settes sammen til hovedkategorier, som medtak og mottak, krafttilpasning i skudd og pasninger, føring av ball eller løpsteknikk, for å nevne noe. Flere forskere har sett på tekniske detaljer i fotballag, og

funnet at faktorer som høy grad av ballbesittelse, pasningstreffsikkerhet, antall pasninger i laget og høyt antall skudd på mål er positivt assosiert med suksess (Castellano et al., 2012; Collet, 2013; Hughes & Franks, 2005). For å kunne håndtere ballen i krevende situasjoner, som ved press fra motspiller, er det viktig at fotballspillere på øverste nivå har gode tekniske ferdigheter på de områdene som er nevnt over (Rampinini et al., 2009). Det er bred enighet blant forskere om at graden av tekniske ferdigheter bidrar til en forskjell mellom spillere fra elitenivå og spillere i lavere divisjoner (Ali, 2011; Rebelo et al., 2013). Noe av det som skiller topp elite-spillere og spillere fra lavere profesjonelt nivå er evnen til å sette sammen flere ferdigheter, som hurtighet og driblerferdigheter. De aller beste spillerne skiller seg ut ved å kunne holde høyere hastighet mens driblingen pågår (Malina et al., 2005). Teknikk regnes som en helt avgjørende ferdighet i ulike åpne idretter, og desto mer sammensatt idretten er, desto flere ferdigheter trengs for å lykkes.

I idretter hvor en må forholde seg til objekter som beveger seg i høy hastighet, trenger en også kognitive ferdigheter (Elferink-Gemser et al., 2004). Sammenligner en ikke-eliteutøvere med eliteutøvere, ser en at eliteutøvere i ulike idretter har vist seg å være på et høyere nivå når det kommer til mønstergjenkjenning, visuelle beregninger og evnen til å ta gode beslutninger (Mann et al., 2007; Müller & Abernethy, 2012; Williams, 2009). En må hele tiden forholde seg til ball og rom i fotball (Müller & Abernethy, 2012). Når fotballkamper spilles vil spillerne konstant reagere på endringer rundt seg på banen, og en må ta raske beslutninger om hva en skal gjøre. Skal en dribble, skyte eller spille en pasning? Hvor hard skal pasningen være? Skal den spilles langs bakken, og hvor høyt skal ballen spilles (Fózer-Selmeci et al., 2019)? Ved å sammenligne de beste spillerne med spillere fra lavere nivåer, ser det ut til at øye-fot-koordinasjonen er bedre for de beste spillerne. De beste klarer å få bedre visuell oversikt over alt som skjer på banen, og trenger i mindre grad å se ned på ballen, som kan føre til at spilleren mister oversikten over omgivelsene på banen (Williams & Davids, 1998). For å oppnå høye prestasjoner på elitenivå trenger en også gode psykologiske ferdigheter. Med alle forventninger og krav som stilles i idrett, kan en se at toppidrettsutøvere har flere karakteristiske trekk som skiller seg fra det normale (Gould et al., 2002). Med fotballens egenart og popularitet er man avhengig av å kunne håndtere ulike typer press for å kunne prestere på et høyt nivå (Jordet, 2009). Det ser ut til at de beste spillerne stiller høyere krav til egne prestasjoner, sammenlignet med mindre gode spillere (Höner & Feichtinger, 2016).

Taktiske ferdigheter handler om å ta de rette valgene til riktig tid (Gréhaigne & Godbout, 1995). Alle valg en tar i en fotballkamp kan gå inn under taktiske ferdigheter. Det handler blant annet hvor skal en posisjonerer seg på banen ut fra ballens plassering, med- og motspillere, og hvem en skal sentre ballen til. Det handler også om en skal takle eller lede motspilleren i en retning. Utfallet av valgene kan utgjøre en stor forskjell fra å slippe inn mål eller skåre til minimalt viktig hendelser hvor en ikke er involvert i spillet. En spiller kan også risikere å bli utvist, og laget må deretter spille med en spiller mindre, noe som kan påvirke resultatet. Derfor er taktiske ferdigheter helt essensielt for å lykkes. Samtidig må en spiller inneha andre ferdigheter. Det hjelper ikke å ha gode taktiske ferdigheter dersom en ikke klarer å utføre de tekniske aksjonene en ønsker. I vår tid bruker fotballtrenere videoanalyse i kampforberedelser for å gi spillerne best mulig forutsetninger til å kunne ta gode taktiske valg (Carling et al., 2014; Mackenzie & Cushion, 2013). Det finnes likevel et begrenset antall forskningsresultater som har hatt som hensikt å måle taktiske ferdigheter blant idrettsutøvere. Dette gjør det vanskelig å si sikkert hva som er dårlige eller gode valg på banen, og ulike trenere vil kunne være uenige om hvilke valg som er best. Det hender også at spillere gjør et dårlig valg på banen, men at utfallet likevel blir bra. Det ser ut som at utøveren må besitte et høyt nivå innen fysiske, tekniske, psykologiske og kognitive ferdigheter for å kunne lykkes på elitenivå innen fotball (Elferink-Gemser et al., 2004).

1.2 Fysiske ferdigheter

1.2.1 Generelle fysiske krav for fotballspiller

Profesjonelle fotballspillere løper mellom ni til 14 kilometer per kamp (Dalen et al., 2016; Osgnach et al., 2010; Rampinini et al., 2007; Stølen et al., 2005). På grunn av varigheten til en fotballkamp og antall kilometer som tilbakelegges, er en fotballspiller mest avhengig av aerob metabolisme. Samtidig er det i fotballkamper perioder med høy intensitet, altså med anaerob metabolisme. Den totale fysiske belastningen for spilleren blir bestemt av en kombinasjon av involvering i spillet, samt evnen til å respondere på bevegelsene til en motspiller, taktikken og motivasjonen til å hjelpe lagkameratene i ulike kampsituasjoner (Drust et al., 2007). Disse variasjonene vil sannsynligvis resultere i en relativ stor variasjon i fysisk prestasjon på fotballbanen (Carling et al., 2016; Gregson et al., 2010). I den øverste divisjonen i Norge er den gjennomsnittlige distansen med løp i intensitetssonen høy (19,8–25,2 km/t) på ca. 850 ± 350 meter (Dalen et al., 2016). I den øverste divisjon i England var det tilsvarende tallet på ca. 1150

± 340 meter i sesongen 2012/13 (Barnes et al., 2014). Mohr et al. (2003) har sett at de beste elitespillerne løper mer i de høye intensitetssonene enn moderat gode elitespillere.

De aller fleste forskere som har sett på sprint og brukt GPS/GNSS basertdata, har definert sprint som hastighet større en 25,2-km/t. Dalen et al. (2016) har sett på sprint i den norske toppdivisjonen. I gjennomsnitt sprintes det 214 ± 130 meter per kamp, mens i den engelske Premier League sprintes i gjennomsnitt 350 ± 139 meter (Barnes et al., 2014). For et topp elitelag i Europa ble det i gjennomsnitt sprintet 265 ± 265 meter for hver spiller per kamp (Bradley et al., 2010). Sprintene varer som regel mellom to til fire sekunder, og distansen er på 10–30 meter (sprint definert som > 19 km/t i denne studien) (Vigne et al., 2010). I følge Ingebrigtsen et al. (2015) sprinter spillere $16,6 \pm 7,9$ ganger per kamp i den norske eliteserien. Når en sammenligner dette med spillere fra topp europeiske ligaer, sprinter spillerne i gjennomsnitt 27–35 ganger per kamp (Bradley et al., 2010; Di Salvo et al., 2010). Caldbeck og Dos'Santos (2023) har sett på når sprinter blir gjennomført i fotball, og spillere sprinter oftest uten ball i laget (58%). Midtstopperer sprinter oftest når motstanderne spiller en gjennombruddspassing (31%), og midtstopperen sprinter for å hindre motstanderen i å få ballen, dekke motspiller eller skåre. Sentrale midtbanespillere sprinter mest for å dekke områder på banen eller for å hindre mål. For backer var det flest sprinter når de utførte overlapp (14%) med ballen i laget, og uten ballen ved returløp i forsvar (14%) for å hindre angriper å skåre. For angripere og kantspillere ble det sprintet for å ta igjen motspiller (23% og 21%), samt sprintet med eller uten ball på kanten av banen (23% og 16%). Dette viser at spillerne sprinter oftest i kampavgjørende situasjoner. Sprint er en sentral ferdighet som kan være med på å avgjøre kamper.

Definisjonen av akselerasjon og nedbremsinger er noe ulik blant forskerne. De to vanligste definisjonene av akselerasjon og nedbremsinger er større enn 2 m/s i over 0,5 sek (Baptista et al., 2018; Dalen et al., 2016; Ingebrigtsen et al., 2015), eller akselerasjoner og nedbremsing større enn 2,5 m/s over 0,5 sek (Bradley et al., 2010). I gjennomsnitt akselererer en spiller $90,7 \pm 20,9$ ganger per kamp når en ser på data fra et norsk lag i den øverste divisjonen Dette utgjorde 603 ± 278 meter (Ingebrigtsen et al., 2015). Spillere utførte i gjennomsnitt 54 ± 16 nedbremsinger per kamp i den norske eliteserien, og dette utgjorde 403 ± 145 meter (Dalen et al., 2016). I den øverste divisjonen i Italia fant Osgnach et al. (2010) at spillerne hadde rundt 100 meter lengre distanse med oppbremsing enn i den norske eliteserien. Baptista et al. (2018) finner at spillere på et lag i den norske eliteserien har mellom 62 til 86 nedbremsinger per kamp,

noe som utgjør en distanse på 315 til 477 meter. Retningsforandringer har blitt fremhevet som en viktig fysisk suksessfaktor i lagidretter, der formålet er å unngå press eller taklinger, samt å begrense plassen for motstanderes bevegelser (Young et al., 2015). I fotball brukes retningsforandringer ofte på grunn av at ballen, motspillere eller medspilleres posisjon endres. Spillerne utfører retningsforandringer for å være i best mulig posisjon. Begrepet retningsforandringer blir også brukt ulikt blant forskere (Morgan et al., 2022), og dette gjør at tallet på retningsforandringer per kamp kan være vanskelig å identifisere. Når en ser på retningsforandringer for ulike posisjoner i fotball, er det også uenighet omkring om det er forsvarspillere eller midtbanespillere som har flest retningsforandringer (Morgan et al., 2022).

Det finnes flere definisjoner av hva som skal til for at noe skal bli klassifisert som en akselerasjon og nedbremsing. Dette henger sammen med at det er forskjellige metoder og sporingssystemer, og dette skaper igjen utfordringer når en skal sammenligne ulike forskningsartikler (Randers et al., 2010). Likevel kan en se noen tendenser når en sammenligner artiklene. I høyere rangerte ligaer finner en at spillerne har høyere antall akselerasjoner, samt høyere antall sprinter (Bradley et al., 2010; Di Salvo et al., 2010). Det finnes også forskning som viser at spillere er raskere desto lenger opp i divisjonene en kommer (Haugen et al., 2013). En finner lignende resultater hos unge spillere, der en ser at utøverne som har blitt kategorisert som elitespillere både løper raskere og hopper høyere enn ikke-elitespillere (Keiner et al., 2021; Rebelo et al., 2013). Faude et al. (2012) omtaler i sin artikkel viktigheten av de eksplosive ferdighetene. Her ble samtlige 360 mål fra siste halvdel av Bundesligasesongen 2007–08 analysert. Det ble rapportert at 45% av de analyserte målene kom etter at målskårerer hadde gjort en rett sprint, mens 83% av alle målene ble skåret etter én eller flere maksimale eller nær maksimale aksjoner fra målskårer eller spilleren som assisterte målet. Dette viser hvor viktig sprintferdighetene er i fotball, der disse ofte blir brukt i helt kampavgjørende situasjoner.

En annen eksplosiv egenskap er spensthopp, som ofte blir brukt før ballen heades. Dette skjer i gjennomsnitt 113 ganger per kamp for kvinner og menn i den øverste divisjon i Norge (Sandmo et al., 2020). Antall utførte headinger avhenger av hvilken liga og posisjon en spiller i. Spillere i den engelske Premier League header baller flere ganger enn spillere i den spanske La liga, og angripere og midtstopperer header oftere enn backer og midtbanespillere (Dellal et al., 2011). Dette gjør at antall headinger fordeler seg ulikt på ulike spillere og posisjoner, men i gjennomsnitt header spillere ca. to til 19 ganger per kamp (Sarajärvi et al., 2020). I den kroatiske toppdivisjonen hoppet spillere fra 41 til 50 cm i spensttest, og keepere hoppet signifikant høyere

enn forsvars-, midtbane- og angreppspillere (Sporis et al., 2009). Mange viktige kamper har blitt avgjort med en heading, og når man ser på hele VM 2014, EM 2016 og VM 2018 ble 19 – 22% av målene i disse mesterskapene skåret med en heading (Sarajärvi et al., 2020).

Dette tyder på at de eksplosive egenskapene i fotball er svært kampavgjørende, og fotballspillere forbedrer stadig sine eksplosive ferdigheter. Når en setter disse funnene sammen ser en at de fysiske egenskaper handler om mye mer enn kun aerob utholdenhet, der også anaerob utholdenhet og maksimale nevro-muskulære aksjoner står sentralt. Prestasjonen i maksimale nevro-muskulære aksjoner avhenger av maksimal styrke og power (Silva, 2019). Betydningen av høy maksimal styrke for fotballspillere er godt dokumentert i litteraturen (Chelly et al., 2009; Silva, 2019; Støren et al., 2008; Vikmoen et al., 2017), men det vil være individuelle forskjeller mellom spillere grunnet spillestil, posisjon og nivå en spiller på. For spillere som oftere kommer i dueller, som for eksempel midtstopperer, vil maksimal styrke være viktigere enn for spillere som er i færre dueller, som for eksempel kantspillere. Høy grad av sammenheng mellom maksimal styrke mot hurtighet og spenst vil gagne spillere med høy maksimal styrke (Helgerud et al., 2011; Wisløff et al., 2004).

Power er en essensiell egenskap for å produsere mest mulig kraft med kortest mulig tid, og blir definert som produktet av kraft ganger hastighet (Stølen et al., 2005). Videre er den maksimale power (P_{maks}) det høyeste nivået av kraft gange hastigheten i en muskelkontraksjon, der målet er å produsere maksimal hastighet ved start, slipp eller støt (Cormie et al., 2011). Maksimal power er avhengig av hastigheten på kraftutvikling (Rate of force development; RFD), som er hastigheten på den kontraktile kraften ved starten på sammentrekningen og tidlig fase av muskelkraftproduksjon. Når en person utfører en maksimal sprint, har det blitt vist at føttene har bakkekontakt i mindre enn 200 millisekunder (Cross et al., 2014), noe som gir svært kort tid til å utvikle kraft. Dette viser viktigheten av RFD. Også nevralt faktorer som rekruttering av motoriske enheter og fyringsfrekvens er sentrale for power (Behm, 1995; Cormie et al., 2011; Suchomel et al., 2018; Zehr & Sale, 1994), og det samme gjelder morfologiske faktorer som muskeltverrsnittareal og fibertype (Cormie et al., 2011; Aagaard et al., 2002).

Det er skrevet artikler om algoritmen PlayerLoadTM (PLTM). PLTM blir som regel brukt som en variabel for å beskrive den eksterne belastningen, og kan beregnes basert på akselerasjonsdataene som registreres av triaksiale akselerometre (Bredt et al., 2020) og blir målt i arbitrary units (au). I artikkelen til Weaving et al. (2017) defineres PLTM som en modifisert vektor som

har som mål å innkapsle alle krav til hastighet, akselerasjon, retningsforandring og kollisjonskrav som spillere opplever. Dette gjør at PLTM algoritmen prøver å måle all den eksterne belastningen som skjer i kamp eller på trening, og får med seg belastninger som taklinger, skudd og dueller som en ikke får med når en kun ser på løp i ulike hastighetskategorier. En av de som har sett på PLTM i fotball er Dalen et al. (2016). De fant at spillerne i den norske eliteserien i gjennomsnitt hadde 13327 ± 2197 i PLTM per kamp. Bruk av ulike typer system vil kunne medføre signifikante forskjeller i verdiene av PLTM. Et lag fra den brasilianske toppdivisjonen hadde i gjennomsnitt $826,7 \pm 189,1$ i PLTM i løpet av ni offisielle kamper, og $9,9 \pm 1,2$ i gjennomsnitt per minutt (Enes et al., 2021). Dalen et al. (2020) viser til at belastningen målt med PLTM for et fotballag i den øverste divisjonen i Norge varierer i løpet av kampen, og at en har tre belastningstopper i hver omgang med rundt 15 minutters mellomrom. Mellom toppene er det perioder med lavere belastning, vanligvis avtagende til neste topp med PLTM.

1.2.2 Posisjonsforskjeller

Det er vel dokumentert at aktivitetsprofilen til elitefotballspillere er forskjellige avhengig av hvilken posisjon en spiller på banen (Dalen et al., 2016; Mohr et al., 2003; Rampinini et al., 2007). Derfor vil spillerens taktiske rolle og posisjon påvirke den fysiske prestasjonen på banen, som hvor mye fotballspillere løper og hvilken intensitet denne løpingen har, antall hopp eller taklinger for å nevne noen variabler. Dalen et al. (2016) har sett på løp i ulike intensitetssoner for fotballspillere fra den norske ligaen i ulike posisjoner, hvor midtstopper var de som tilbakela kortest distanse (9.951 m), deretter kom angrepspillere (10.429 m). Mellom backer (11.426 m) og sentrale midtbanespillere (11.573 m) var det ingen signifikant forskjell. Det var kantspillere som løp mest (11.990 m). Ser en på løp i intensitetssonen høy (19,8–25,2 km/t) er det igjen midtstopper (484 m) som løper signifikant minst. Her vises det ikke forskjell mellom sentrale midtbanespillere (770 m) og angripere (776 m). Backer (1.138 m) og kantspillere (1.095 m) er de som løper signifikant mest i høy intensitetszone. Det er ingen signifikant forskjell mellom midtstopper (110 m) og sentrale midbanespillere (152 m) og sentrale midtbanespillere og angripere (198 m) når det gjelder sprint ($\geq 25,2$ km/t). Kantspillere (276 m) og backer (330 m) skiller seg signifikant fra alle de fire andre posisjonene. En kan altså se at spillerne som spiller bredt i banen, som backer og kantspillere, løper oftere i høyintensitetssonen og sprinter mer enn de som spiller sentralt. Bradley et al. (2010) finner i sin artikkel lignende resultat fra topp europeiske ligaer, hvor sentrale midtbanespillere og kantspillere løper

lengst i total distanse, mens kantspillere sprinter mest. Rampinini et al. (2007) undersøkte spillere fra et lag helt i toppen av Europa og kategoriserte spillerne i fire ulike posisjoner. Resultatene tyder på at kantspillere er i samme kategori som midtbanespillere, og studien viser ellers lignende resultater som over. Midtstopperer og angripere løper kortest, mens midtbanespillere og backer løper lengst. Rampinini et al. (2007) slår i sin artikkel høy intensitetszone og sprint sammen, og resultatene viser at midtstopperer løper kortest, mens backer løper lengst i denne sonen. Di Salvo et al. (2007) brukte delvis andre intensitetssoner, men også her ser en lignende resultater. I den raskeste sonen (>23 km/t) er midtstopperer og sentral midtbane de som løper minst, mens backer, kant og spiss løper mest. I intensitetssonen under (19,1–23 km/t) finner en at midtstopperer løper kortest, mens det er liten forskjell mellom sentral midtbane, backer og spiss. Kantspillerne er de som løper lengst i sonen 19,1-23 km/t

Når en ser på akselerasjoner, kan en i den norske eliteserien se tendenser til at spillere bredt i banen har flere akselerasjoner (98,3) enn de som spiller sentralt i banen (85,3), og at kantspillere har flest, med 105,5 akselerasjoner. I samme artikkel har det også blitt sett på antall sprinter, der en ser lignende resultater. Gjennomsnittet blant spillerne lå på 16,6 sprinter per kamp, og spillere bredt i banen har 21,6 sprinter, mens spillere sentralt i banen har 13. Når en ser på antall meter sprintet, er det en signifikant forskjell, hvor spillere bredt i banen sprinter 287 meter og spillere sentralt i banen sprinter 160 meter (Ingebrigtsen et al., 2015). Ser en på nedbremsing, er det midtstopperer og sentrale midtbanespillere som har kortest distanse (315 og 369 meter), mens backer (414 meter) kanter (468 meter) og spisser (477 meter) har høyest distanse. Når det gjelder antall nedbremsinger har midtstopperer færrest (62), mens spisser (80) og kantspillere (86) har høyest antall nedbremsinger per kamp (Baptista et al., 2018).

Kantspillere hadde de høyeste målingene (15113 au) med på PLTM, og den var signifikant ulik fra alle spillerposisjoner, utenom sentral midtbane (14128 au). Kantspillere blir etterfulgt av midtstopperer (13423 au), angripere (12957 au) og backer (11955 au) (Dalen et al., 2016). Dersom en kun ser på Globalt posisjonssystem (GPS) eller Globalt navigasjonssatellittsystem (GNSS) data, ser en at backer løper mer enn midtstopperer. GPS eller GNSS-data får ikke med alle de fysiske kravene som hopp, takling, dueller, korte akselerasjoner og oppbremsinger (<0,5 sekunder), skudd og pasninger. Mange av disse aksjonene ender ofte opp i de lavere intensitetssonene. Ved måling av PLTM ser en at midtstopperer kan ha en høyere ekstern belastning enn backer har i fotballkamper. Reche-Soto et al. (2019) har brukt et annet system for å måle PLTM, og det kan være vanskelig å sammenligne tallene. Denne undersøkelsen viser at sentrale

midtbanespillere, kantspillere og angrepspillere har signifikant høyere PLTM enn midtstopperne og backer.

1.2.3 Forskjell mellom omganger

Di Salvo et al. (2007) analyserte 300 elitefotballspillere i 30 kamper, og brukte andre intensitetssoner. I de to høyeste intensitetssonene (19.1- 23 km/t og >23 km/t) fant de ingen forskjell mellom første og andre omgang i total distanse. Det var heller ingen forskjell mellom den totale distanse mellom første og andre omgang. Ingebrigtsen et al. (2015) bruker data fra norsk liga. Disse resultatene støtter funnene, og viser at det ikke var noen forskjell mellom total distanse i første og andre omgang. Det finnes andre artikler som viser at den totale distansen er høyere i første omgang enn andre omgang (Bradley et al., 2010; Mohr et al., 2003). Dalen et al. (2016) fant at PLTM var rundt 5% høyere i første omgang, sammenlignet med andre omgang for alle posisjonene. Reche-Soto et al. (2019) finner lignende resultater hvor PLTM er høyere i første omgang enn i andre. I den samme artikkelen finner de også at PLTM er lavest de 15 siste minuttene i hver omgang.

1.2.4 Fysisk endring over tid

Fra 2006–07 til 2012–13 sesongen økte antall eksplosive nevro-muskulære aksjoner for fotballspillere i den engelske Premier League, som høyintensitetsløping ~ 30%, høy intensive aksjoner med ~50% og sprint meter og antall sprint per kamp med ~35%, mens den totale distanse per kamp ikke økte (Barnes et al., 2014). Dette viser at betydningen av de eksplosive aksjonene og kravet til disse har økt over tid. Haugen et al. (2013) har sett på sprinttider for fotballspillere, og funnet at spillerne har blitt raskere i senere tid. Barnes et al. (2014) har funnet resultater som støtter dette, der den gjennomsnittlige topphastigheten økte fra 32,8 til 34 km/t fra sesongen 2006–07 til 2012–13. Resultatene viste også at desto høyere nivå spilleren spilte på, desto raskere og høyere hoppet han (Haugen et al., 2013). I mange situasjoner, der en ønsker å skåre mål eller hindre at mål blir skåret, må spilleren være raskere eller mer eksplosiv enn motstanderen (Chelly et al., 2009). Raskere spillere vil kunne ha mulighet til å nå ballen før motstanderen eller hoppe høyere for å treffe ballen i luften tidligere i ballbanen enn motstanderen. Timing, teknikk og spillforståelse vil her spille inn, slik at en ikke løper i offside eller treffer med opphoppet.

Fotball handler om marginer, og for å endre på disse kan man forbedre ulike ferdigheter. Som nevnt viser det seg at eksplosive aksjoner blir utført i helt kampavgjørende situasjoner (Faude et al., 2012). I tillegg er det vist at desto høyere nivå en spiller på, desto raskere og høyere hoppet spillerne i gjennomsnitt (Haugen et al., 2013). Dette viser at de eksplosive ferdighetene er sentrale for å lykkes i fotball. Kravene i fotball endrer seg hele tiden når trenere og spillere prøver å finne de avgjørende marginene for å vinne. Dette kan påvirke taktikken til et lag, men også nye treningsmetoder kan gi endringer. Antallet eksplosive nevro-muskulære aksjoner har økt, som høy intensitetsløping og sprint, mens den totale distansen ikke har endret seg (Barnes et al., 2014). De fysiske kravene er avhengige av hvilken posisjon på banen en spiller på (Dalen et al., 2016; Mohr et al., 2003; Rampinini et al., 2007), taktikk (Bradley et al., 2011) og ligaen en spiller i (Dellal et al., 2011). Ved å forbedre ytelsen til spilleren når det gjelder antall sprinter, lengden på sprintene, topphastigheten og spenst, vil det kunne gi en fordel i forskjellige kampavgjørende situasjoner. Dette vil kunne gjøre at en når ballen før motspiller, og enten kan skåre eller avverge et mål skåret imot laget. Flere andre ferdigheter vil spille inn, som posisjonering, spillforståelse og evnen til å bruke de eksplosive ferdighetene til riktig tid. Da kan de eksplosive ferdighetene utnyttes best mulig.

1.3 Monitorering av ekstern belastning

1.3.1 Globalt posisjonssystem og akselerasjonsbasert data i idrett

I idrett monitoreres ofte den eksterne belastningen gjennom globalt posisjonssystem (GPS) ved hjelp av satellittbasert navigasjon (Cummins et al., 2013). I nyere tid har monitorerings-systemene gått fra kun GPS (amerikanske satellittnavigasjonssystemer) til å bruke GNSS, som er fellesbetegnelse på de fire utbygde satellittbaserte systemene; de amerikanske, de europeiske, de russiske og de kinesiske. Med GPS eller GNSS kan en spore utøvere i tredimensjonale bevegelser i ulike omgivelser. Dette gjør det mulig å spore spillerne i tre akser (Cummins et al., 2013). I nyere tid har en dessuten lagt til akselerometer, gyroskop og magnetometer (akselerasjonsbasert data), sammen med satellittbasert navigasjon. Dette gjør det mulig å identifisere korte akselerasjoner og nedbremsinger (Bourdon et al., 2017). GPS har blitt brukt i fotball, rugby, hockey og i den australske fotballigaen i flere år (Cummins et al., 2013), og flere og flere idretter tar teknologien i bruk. Utviklingen av GPS og GNSS betyr at trenere kan følge med på dataene både i trening og kamp (Cummins et al., 2013). Gomez-Carmona et al. (2020) skriver i sin artikkel om akselerometersinnovasjon i lagidretter, og antall forskningsartikler på dette fagfeltet har steget hvert år fra 2012 til 2019, og stigningen vil trolig fortsette. Ved hjelp

av GPS- eller GNSS-basert data, kan en måle den totale distansen som er tilbakelagt, løp og sprint i ulike hastighetssoner og maksfart. Ved bruk av akselerasjonsbaserte data får en flere målinger og kan samle data om akselerasjon, nedbremsinger og retningsforandringer. Når en samtidig bruker akselerasjonsbasert data får en registrert endringer som skjer fortløpende i form av akselerasjoner, nedbremsinger og retningsforandringer. Dette får en ikke med GNSS-basert data, der en kun ser ulike hastighetssoner spilleren har vært i, og ikke kan registrere alle de små endringene som kan være mer energikrevende og krever høyere belastning.

Mye av forskningen som har blitt utført med akselerometer dreier seg om å undersøke ekstern belastning for å predikere utmattelse og restitusjon. Bourdon et al. (2017) definerer ekstern belastning som objektive mål på arbeid utøveren utfører under trening eller konkurranse, og vurderer den uavhengig av intern belastning. Vanlige mål på ekstern belastning er fart, akselerasjoner, GNSS-parametere og akselerometerparameter. Monitoreringen kan brukes av trenerne for å påse at utøverne får riktig treningsmengde, samt for å kunne sammenligne de fysiske kampkravene individuelt. Dette gir en mulighet til å trene på de fysiske kampkravene, og tilpasse dette individuelt og posisjonsspesifikt. Dette vil igjen være nyttig for å prøve å hindre skader og se om utøverne får progresjon etter trening (Bourdon et al., 2017).

Det har blitt gjort reliabilitets- og validitetstester på dataene som blir innsamlet. Tidligere var disse dataene lite reliable på grunn av lav innsamlingshastighet. Varley et al. (2012) har sett på forskjell på validitet og reliabilitet på dataene som har blitt samlet inn med 5Hz og 10Hz. De rapporterte at 10Hz har to til tre ganger høyere nøyaktighet enn 5Hz-enhetene når en sammenlignet verdi for øyeblikkelig hastighet under oppgaver utført med en rekke hastigheter. Til sammenligning var 10Hz GPS-enhetene opptil seks ganger mer pålitelige for målinger av øyeblikkelige hastigheter enn 5Hz-enhetene. Alle målingene på hastighet, akselerasjoner og nedbremsinger med 10Hz-enhet hadde sterk korrelasjon med alle målinger mellom $r=0,92$ til $r=0,99$. En forklaring på dette kan være at 5Hz-enhetene samler data presist ned til to hundredels sekund, mens 10Hz-enheter samler data presist ned til ett hundredels sekund (Nikolaidis et al., 2018). Clavel et al. (2022) gjorde en validitetsanalyse av GPS med bruk av Vector s7 fra CatapultSports, og fant en tilnærmet perfekt korrelasjon på maksimal sprints hastighet ($r=0,96$). Det finnes mange forskjellige merker og modeller som måler GPS/GNSS-basert data og akselerasjonsbasert data, men ulike merker, modeller og enheter kan måle ulike variabler. Derfor bør en bruke samme merke, modell og enhet ved hver måling, og spillerne bør bruke samme måleapparat ved gjennomføring av testene (Coutts & Duffield, 2010; Ravé et al., 2020).

1.3.2 Globalt posisjonssystem og akselerasjonsbasert data i fotball

Fotballspillere blir monitorert for å kunne maksimere adaptasjonene, trene med riktig belastning og kunne tilpasse treningen rollespesifikt slik at treningen blir kamprelatert. Dette reduserer også muligheten for overtrening og ikke-kontaktskader (Ehrmann et al., 2016; Ravé et al., 2020; Selmi et al., 2022). Denne monitoreringen kan skje gjennom intern eller ekstern belastning. Intern belastning kan defineres som relative biologiske stressfaktorer som en utøver gjennomfører på trening eller konkurranse, og kan for eksempel måles ved spørreskjema eller måling av hjerterefrekvens. Ekstern belastning, kan defineres som objektive målinger av arbeidet som blir gjennomført. Dette kan bli målt gjennom GPS/GNSS-data, akselerasjonsbasert data eller antall treninger (Bourdon et al., 2017). PLTM er en algoritme lagd av CatapultSports som måler summen av den akkumulerte totale spillerbelastningen. Den består av alle akselerasjonene over alle aksene til det interne treaksiale akselerometeret i bevegelse (Julien, 2022). En kan da måle dueller, taklinger, kollisjoner, korte akselerasjoner og nedbremsinger (< 0,5 sekunder) og uortodokse bevegelser, som til siden og bakover. Disse belastningene blir ofte kategorisert i lav intensitetszone ved bruk av GPS, men vil gi stor fysisk belastning på spilleren (Dalen et al., 2016). PLTM er lagd for å prøve å gjøre det enklere å analysere totalbelastningen til spillere. Bruk av GPS/GNSS og akselerasjonsbasert data er en valid og reliabel måte for å måle den eksterne totale belastningen for fotballspillere (Nikolaidis et al., 2018; Ravé et al., 2020).

Skader i fotball er godt dokumentert i studier, og elitefotballspillere får i gjennomsnitt 0,6 muskelskader per sesong (Ekstrand et al., 2011). Elitespillere har høy risiko for å få skader på trening og enda høyere risiko i kamp (Ekstrand et al., 2011; Hawkins & Fuller, 1999). Muskel-skader utgjorde 31% av alle skadene (Ekstrand et al., 2011), og tallene viser også at 59% av alle skader kom uten kontakt med mot- eller medspillere (Hawkins & Fuller, 1999). Det finnes i tillegg forskning som viser at skaderisikoen øker dersom spillerne har mindre enn fire dagers restitusjon mellom kamper (Bengtsson et al., 2013; Dellal et al., 2015). Dette kan indikere at gjenværende tretthet i kroppen kan øke skaderisikoen. Derfor kan monitorering ved bruk av GPS/GNSS-basert data brukes for å forsøke å hindre skader. En metaanalyse utført av Hader et al. (2019) viste at distansen som ble lagt ned i hastighet over 19,8 km/t var den mest sensitive for å måle tretthet i muskler. En kan bruke GPS/GNSS-baserte data for å måle tretthet i muskler, og på den måten prøve å begrense antallet skader. Det er vist en klar sammenheng mellom tretthet i muskler og potensiell risiko for skader (McCall et al., 2015), der skader oftere oppstår mot slutten av omgangene (Ekstrand et al., 2011). En ser også at skadehyppigheten er høyere

når en spiller to kamper per uke, siden dette gir redusert tid til å hente seg inn (Bengtsson et al., 2013; Dupont et al., 2010).

1.4 Styrketrening

1.4.1 Periodisering av styrketrening

Periodisering kan defineres som manipulasjon av treningsvariabler i ulike perioder for å øke sjansen til å nå spesifikke prestasjonsmål (Stone et al., 1999). Periodisering gir en mulighet til å fokusere på enkelte ferdigheter i ulike perioder, prøve å redusere sjansen for overtrening, holde formen i løpet av hele sesongen eller nå en formtopp inn mot viktige konkurranser. Periodisering brukes gjennom hele sesongen ved for eksempel å manipulere volum og intensitet av øvelser eller treninger (Mattocks et al., 2016; Stone et al., 1999). Fordelen ved å periodisere kontra å ikke-periodisere, er trolig at en øker sannsynligheten for en god utvikling og timing av formen, samt at en begrenser risikoen for skader eller overtrening. Periodisering kan bli delt inn i tre sykluser, som henger sammen med lengden av planene; macro-syklus, meso-syklus og micro-syklus (Rhea et al., 2003; Stone et al., 1999). Det finnes flere metoder å periodisere styrketrening på, der de to vanligste typene er tradisjonell periodisering og blokkperiodisering (Bartolomei et al., 2014). Ved tradisjonell periodisering har en jevn progresjon med fokus på å utvikle flere fysiologiske ferdigheter i samme tid (Issurin, 2016). Ved blokkperiodisering deler en opp treningen i flere mindre perioder, der en fokuserer på å forbedre noen få ferdigheter av gangen i hver blokk, før en fokuserer på noen andre ferdigheter i neste blokk (Issurin, 2016).

I tradisjonell periodisering starter både macro- og meso-syklusene med høyt volum og lav intensitet. Progresjonen er slik at volumet går ned og intensiteten øker (Bartolomei et al., 2014; Stone et al., 1999). Macro- og meso-planene varierer ut fra ulike idretter og hvor en er i sesongen, har ofte fire faser: (A) forberedelsesfase (generell og spesialisert), (B) konkurransefase, (C) formtopp og (D) overgangsfase eller aktiv restitusjon (Stone et al., 1999). En plan kan inneholde alle disse fasene, avhengig av hvilken idrett en utøver og hvor en er i sesongen. Dette henger sammen med planene for sesongens konkurranser, og muligheten for å prestere best mulig i konkurransene. Mulige fordeler med tradisjonell periodisering, er at utøverne får periodisert treningen og trent på alle ferdighetene som skal forbedres. Dessuten har en progresjon i intensitet, volum eller begge, og prøver å optimalisere fremgangen.

I blokkperiodisering har en flere meso-sykluser etter hverandre med hver sine spesifikke treningsmål. Blokkperiodisering for styrketrening har tre faser: Akkumuleringsfasen, hvor fokuset er muskelhypertrofi, transformasjonsfasen, hvor en fokuserer på maksimal styrke, og realiseringsfasen, hvor fokuset er på power og eksplosiv styrke (Bartolomei et al., 2014). Progresjonen i blokkperiodisering handler om at blokkene blir utført i logisk rekkefølge, der forbedringen i prestasjon i en blokk skal bidra inn i neste blokk (Bartolomei et al., 2014). Den antatte fordelene med blokkperiodisering, er at en tar med seg tilpasningene fra hver syklus, og at dette trolig bidrar til fremgang inn i påfølgende syklus (Bartolomei et al., 2014). Dessuten prøver en å hindre overtrening og optimalisere framgangen.

Disse to vanligste metodene for periodisering av styrketrening er ikke uten begrensinger. I begge metodene beskrives intensitet vanligvis som en % av en repetisjon maksimum (1RM) hvor belastningen og intensiteten er bestemt før treningen starter og derfor har fått navnet *fixed-loading*, også kjent som Tradisjonell lineær styrketrening (Hickmott et al., 2022; Zhang et al., 2021). For store grupper vil det være tidkrevende å lage programmer for utøvere med relativ belastning, og dessuten tar disse sjelden hensyn til utøverens nevro-muskulære prestasjons-svingninger fra dag til dag grunnet søvn, tretthet og kosthold (Banyard et al., 2019). De nevro-muskulære prestasjonssvingningene kan gjøre det vanskelig å tilpasse trenings-belastningen (Kraemer & Fleck, 2007), noe som på lengre sikt kan hindre fremgang i treningen på grunn av sub-optimal belastning, overtrening eller skader. En annen treningsmetode som prøver å ta høyde for tidligere belastning og utmattelsen av kroppen, er autoregulering. Autoregulering har derfor økt i popularitet (Zhang et al., 2021).

1.4.2 Autoregulering

Autoregulering er en metode som tar sikte på å justere intensiteten og volumet individuelt på treningen fra dag til dag, basert på dagsform, utmattelse eller andre faktorer som påvirker utøveren (Greig et al., 2020; Larsen et al., 2021). Autoregulering deles i to ulike metoder; subjektiv og objektiv. De mest brukte subjektive metodene for autoregulering er autoregulatoriske øvelser for progressiv motstand, Borgs vurdering av opplevd anstrengelse og Opplevd anstrengelsesvariant av repetisjoner i reserve. Borg (1970) introduserte den første skalaen av opplevd anstrengelse, kalt *Borgs skala*. Borgs skala var opprinnelig designet for utholdenhetsutøvere som gikk fra 6 svært lett, til 20, ekstremt hardt, og skulle reflektere hjertefrekvensen (Larsen et al., 2021). Borgs skala (6–20) brukes fremdeles mest innenfor utholdenhets trening, og i 1982 ble skalaen forenklet, og erstattet med skalaen Borg CR10, som

går fra 1, ingen, til 10, maksimal innsats (Larsen et al., 2021). Borgs skala og Borg CR10 var laget med tanke på utholdenhetstrening, men etter hvert har disse blitt brukt som et monitoreringsverktøy for oppfatningen av intensiteten i styrketreningen, og intensiteten i hvert sett i styrketreningen (Suchomel et al., 2021). Borgs skala og Borg CR10 blir fremdeles brukt mest innenfor utholdenhetstrening, men forskere og utøvere bruker også disse skalaene innenfor styrketrening. Basert på Borg sine skalaer har det blitt laget en ny skala rettet inn mot styrketrening. Metoden kalles repetisjoner i reserve, og går ut på å estimere hvor mange flere repetisjoner en ville ha i reserve etter å ha gjennomført antall repetisjoner en har i styrkeprogrammet (Larsen et al., 2021). Spørsmålet er hvor mye en kan øke, beholde eller redusere vekten. Hensikten er å treffe med estimeringen av antall repetisjoner en ville klare å gjennomføre av øvelsen etter å ha utført et visst antall repetisjoner i programmet.

Metoden repetisjoner i reserve er rettet inn mot styrketrening, og har både fordeler og ulemper. En fordel er at utøveren får tatt dagsformen inn i styrkeprogrammet og justert økten avhengig av kroppens tilstand. Kroppen kan nemlig være påvirket av tidligere økter, søvn, restitusjon, kosthold eller andre faktorer. En ulempe med repetisjoner i reserve er at mindre erfarne utøvere kan være mindre treffsikre med predikasjonen av antallet repetisjoner som gjenstår (Steele et al., 2017), og særlig med sett med høyt antall repetisjoner (Zourdos et al., 2021). Zourdos et al. (2021) fant en moderat sammenheng mellom predikasjon av antall repetisjoner i reserve og antall repetisjoner utøveren hadde i reserve til både fem ($r = 0,65$) og syv ($r = 0,56$), men også fra ingen sammenheng til ni ($r = 0,01$). Her ble utøveren kategorisert som erfaren innenfor styrketrening hvis en har trent knebøy i gjennomsnitt minst én gang i uken de siste to årene. Repetisjon i reserve har likevel blitt ansett som en god metode for å beskrive treningsintensiteten for erfarne utøvere innenfor styrketrening med sett med relativt få repetisjoner (Larsen et al., 2021).

Den andre vanlige autoregulatoriske øvelsen for progressiv motstand stammer fra rehabilitering av skadete soldater etter andre verdenskrig. Treningsprotokollen besto av DeLorme (1945) sine eksperiment av flere sett med øvelser der pasientene skulle løfte sin 10RM, altså utføre ti sammenhengende repetisjoner med den tyngste vekten en klarer (Larsen et al., 2021). Denne metoden har blitt modifisert flere ganger, men Knight (1979) så en svakhet i metoden, siden programmet ikke tilrettela for individuell progresjon eller hvor mange repetisjoner i settene målt i kilo en skulle bruke på neste økt. Knight (1979) kalte sitt program for *Daglig justering progressiv styrketrening*. Dette utviklet seg videre til å bli en autoregulatorisk øvelse for progressiv motstand. Autoregulatorisk øvelse for progressiv motstand har ulike protokoller

utfra antallet målt for repetisjoner, der de mest brukte protokollene er 10RM, 6RM eller 3RM (Suchomel et al., 2021). Poenget her er at vekten blir justert avhengig av antall repetisjoner. I det tredje settet skal utøveren utføre repetisjoner til en ikke klarer flere, der vekten blir justert etter antall repetisjoner. Vektjusteringen er bestemt på forhånd, avhengig av hvilket program en bruker og antall repetisjoner som blir utført. Dette skal føre til at vekten kan økes, beholdes uendret eller reduseres til det fjerde settet, der utøveren igjen skal gjøre repetisjoner til utmattelse (Larsen et al., 2021; Mann et al., 2010; Suchomel et al., 2021).

Utviklingen av moderne teknologi har gitt mulighet for nye metoder innenfor styrketrening, med flere metoder innen objektiv autoregulering. Hastighetsbasert styrketrening gir mulighet til å bruke akselerometer, høyhastighetskamera eller hastighetstransdusere for å spore bevegels-hastigheten i en øvelse (Larsen et al., 2021). De to vanligste målemetodene for hastighetsbasert styrketrening, er å måle gjennomsnittlig hastighet gjennom hele den konsentriske fasen av øvelsen. Den andre målemetoden er å måle høyeste hastighet, hvor en tar den høyeste oppnådde hastigheten gjennom den konsentriske fasen (Weakley et al., 2021). Metoden høyeste hastighet med øvelser med flere faser blir foretrukket, siden gjennomsnittshastigheten ikke vil gi like stor verdi som i olympiske løft, som rykk og støt. En av grunnene til å bruke hastighet til autoregulering er at hastighet henger sammen med grad av utmattelse, og en kan kvantitativt måle muskeltrøtthet og intensitet på en objektiv måte. Sánchez-Medina og González-Badillo (2011) viser til tilnærmet perfekt korrelasjon mellom mekanisk (hastighetstap og høyde tap i svikthopp) mot metabolske (laktat) mål på tretthet, og viser til hastighetstap som en reliabel metode for å objektivt kvantifisere nevro-muskulær trøtthet under styrketrening. Hernández-Belmonte et al. (2021) finner lignende resultat, hvor 30 menn ble delt i tre grupper utfra sin relative styrke. De ble testet iblant annet øvelsene knebøy, benkpress og skulderpress, og studien viste tilnærmet perfekt korrelasjon. Den laveste verdien som funnet i de tre gruppene var $r^2 \geq 0,97$. González-Badillo et al. (2017) fant samme resultat i sin studie som omfattet 22 idrettsstudenter som hadde trent styrke i minst åtte måneder, hvor hastighet hang sammen med graden av utmattelse. Dette betyr at bevegelsen i øvelsen henger sammen med utmattelse i kroppen. Når muskelen blir mer og mer utmattet, vil den aktivere flere muskelfibre for å utføre øvelsen, noe som igjen medfører at hastigheten i muskelkontraksjonen reduseres. Dermed reduseres også eksplosiviteten (González-Badillo et al., 2011). For å bruke hastighetsbasert styrketrening er det viktig at testpersonene utfører bevegelsen med høyest mulig hastighet (Morán-Navarro et al., 2021), for å kunne kvantifisere grad av muskeltrøtthet. Uten intensjon

om å gjennomføre bevegelsen med maksimal hastighet, vil ikke hastigheten reflektere muskelens maksimale kapasitet (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011).

Subjektiv autoregulering gir fordeler, som at en får dekket flere faktorer som påvirker restitusjonen. Med Subjektiv autoregulering kan utøveren justere treningsbelastningen basert på restitusjonen. Redusert søvn, dårligere kosthold eller annet stress kan øke totalbelastningen. Dette kan justeres tidlig i økten ved bruk av metodene repetisjon i reserve, opplevd anstrengelse eller øvelse for progressiv motstand, noe som kan bidra til å forebygge skader eller overtrening. En annen fordel er at det krever lite kostbart utstyr for å gjennomføre subjektiv autoregulering. En svakhet med metoden er likevel at enkelte studier viser at enkelte forsøkspersoner har utfordringen med nøyaktig å estimere anstrengelsen i henhold til skalaen (Hackett et al., 2017; Steele et al., 2017).

Metoden objektiv autoregulering gir høyere grad av direkte tilbakemelding på hvor restituert det nevro-muskulære systemet er, og metoden tar ingen hensyn til hvordan utøveren føler seg. Med hurtighetsbasert styrketrening kan treningen endres, fordi en kjenner gjennomsnittshastigheten på løftene. Dessuten har prosentene av 1RM et lineært forhold og endringer kan bli gjort allerede i oppvarmingen, siden en kan følge med på hastigheten i løftene (Mann et al., 2015). En annen fordel med hurtighetsbasert styrketrening er å kunne gi presise og objektive tilbakemeldinger til utøvere mens de trener, og dette har vist å kunne gi en forbedring på hastigheten og power med opptil 10% (Weakley et al., 2019). Tilbakemeldinger kan føre til at en utøver ofrer noe av teknikken under økten for å bedre hastighet. En må derfor også følge med på at utførelsen av øvelsene er teknisk riktig (Weakley et al., 2021). En utfordring med hurtighetsbasert styrketrening er at utstyret en trenger ofte blir beskrevet som upraktisk og kostbart. Det har i senere tid blitt introdusert flere andre metoder enn kraftplattform, og dette er lineære posisjonssystemer som er billigere, enklere å bruke og lettere å transportere. Disse metodene viser seg å være valide og reliable sammenlignet med kraftplattform (Crewther et al., 2011; Hansen et al., 2011).

1.4.3 Autoregulerte intervensjoner

Metaanalysen til Hickmott et al. (2022) viser at generelt autoregulert treningsmetode og tradisjonell styrketrening får samme forbedring i 1RM styrke når volumet og intensiteten er lik, men at autoregulert metode kan gjøre det enklere å individualisere volumet og intensiteten på øktene. De fleste inkluderte artiklene i metaanalysen undersøkte øvelsene frontknebøy, knebøy

eller benkpress. Metaanalysen til Zhang et al. (2021) konkluderte med at autoregulert metode er en bedre metode for å forbedre maksimal styrke enn tradisjonell styrketrening. De autoregulerte metodene som ble sett på i metaanalysen, var autoregulatorisk øvelse for progressiv motstand, opplevd anstrengelse og hurtighetsbasert styrketrening. Graham og Cleather (2021) undersøkte autoregulert styrketrening, der det ble brukt repetisjoner i reserve mot mer tradisjonell styrketrening. Deltagerne i studien var erfarne mannlige utøvere som trente styrke minst to økter i uken over en periode på mer enn to år. Den autoregulerte gruppen med repetisjoner i reserve viste en større forbedring i front knebøy (repetisjoner i reserve 11,7% forbedring, mot tradisjonell 8,3% forbedring), samt vanlig knebøy (repetisjoner i reserve 10,8% forbedring, mot tradisjonell 7,1% forbedring). En konkluderte med at den autoregulerte gruppen fikk større fremgang med bruk av repetisjoner i reserve fordi forsøkspersonene justerte belastningen, og derfor trente med høyere belastning.

Mann et al. (2010) ville se om det var forskjell i forbedring av styrke hos utøvere med bruk av ulike styrketreningsmetoder. En gruppe på 23 amerikanske fotballspillere på øverste nivå i college ble delt i to grupper; en gruppe med autoregulatorisk øvelse for progressiv motstand og en med tradisjonell lineær styrketrening. Her viste det seg at gruppen som brukte autoregulatorisk øvelse for progressiv motstand fikk større forbedring i 1RM i både knebøy (eksperimentell gruppe økte 93,4 N mot tradisjonell -0,4 N) og benkpress (eksperimentell gruppe økte 192,7 N mot 37,2 N). Treningsvolumet var ulikt i disse to gruppene, og det kan ha medvirket til at en fant en svært stor forskjell i forbedringen mellom de to gruppene. Dorrell et al. (2020) sammenlignet tradisjonell prosentbasert trening, der belastningen blir bestemt fra en tidligere etablert 1RM, og hurtighetsbasert styrketrening på maksimal styrke og power-adaptsjoner. Utøverne var personer som hadde trent styrke i minst to år, og i tillegg trent de siste seks månedene før intervensjonen. Deltagerne ble testet i spenst og 1RM i benkpress, knebøy, markløft og skulderpress. Resultatene viste at den hurtighetsbaserte styrketreningsgruppen fikk en bedre adaptasjon i maksimal styrke i benkpress. Hurtighetsbasert styrketrening fikk 8% forbedring, der prosentbasert styrketrening fikk 4% forbedring. I svikthopp fikk hurtighetsbasert styrketrening en forbedring på 5%, mens prosentbasert styrketrening fikk ingen signifikant forbedring. Hurtighetsbasert styrketrening viste også en større forbedring i knebøy (9%) og markløft, men metoden ga ikke signifikant bedre resultat enn den tradisjonelle prosentvise styrketreningen. Studien viser også at hurtighetsbasert styrketrening hadde et signifikant lavere treningsvolum gjennom intervensjonen i øvelsene knebøy (8,8%), benkpress (5,6%) og skulderpress (5,9%). Shattock og Tee (2022) undersøkte effekten av hurtighetsbasert

styrketrening og opplevd anstrengelse innen styrketrening på 20 semiprofesjonelle rugbyspillere. Personene ble testet i spenst, 1RM i benk og knebøy samt sprint (10 – 40 meter). Personene ble delt i to grupper, én som brukte subjektiv autoregulering opplevd anstrengelse, og én med objektiv autoregulering hurtighetsbasert styrketrening. De fant forbedringer på alle testene for begge gruppene, men gruppen som brukte objektiv autoregulering fikk forbedret spenst (8,2% mot 3,8%), knebøy (7,5% mot 3,5%) og benkpress (7,7% mot 3,5%), sammenlignet med metoden opplevd anstrengelse. Det var ingen signifikant forskjell i det totale treningsvolumet.

1.4.4 Styrketrening i fotball

Flere ulike intervensjoner har undersøkt styrketrening i fotball. Rønnestad et al. (2008) undersøkte effekten av styrke og plyometrisk trening på spenst og sprintprestasjon for profesjonelle fotballspillere som var i forberedelsesperioden av fotbalsesongen. Deltagerne ble delt inn i tre grupper, kontrollgruppe, styrkegruppe og styrke- og plyometrisk treningsgruppe. Styrkegruppen gjennomførte to styrketreninger i uken i tillegg til fotballtreninger. Styrke- og plyometriske gruppen hadde en økt med styrke og en plyometrisk økt i uken samt fotballtrening. Kontrollgruppen hadde kun trening av kjernemuskulatur samt fotballøkter. Grunnet små grupper ble styrkegruppen og styrke- og den plyometriske gruppen slått sammen i resultatkapitlet, hvor en fant signifikante forbedringer i 1RM i halve knebøy (25% forbedring), spensttest (4% forbedring), knebøy hopp (8,5% forbedring) samt små forbedringer i sprinttider fra 10–40 meter. Wisløff et al. (2004) undersøkte korrelasjonen mellom 1RM i halve knebøy og de eksplosive aksjonene sprint og spenst for norske elitefotballspillere. Her ble det funnet en sterk korrelasjon mellom 1RM i halve knebøy og timeter sprint ($r=0,94$; $p<0,001$), 30 meter ($r=0,71$; $p<0,01$) og høydehopp ($r=0,78$; $p<0,02$). I metaanalysen til Silva et al. (2015) finner en resultater som viser at profesjonelle fotballspillere må signifikant forbedre styrken i underekstremiteten med 23,5% i 1RM knebøy for å få små forbedringer på 2% i 10- og 40-meter sprint. En forbedring på 24,4% i 1RM knebøy ga forbedringer på rundt 6,8% i svikhopp. Selv med lite forskning på retningsforandringer viser det seg at en 15% forbedring i 1RM knebøy ser ut til å gi 1,3% forbedring i ferdigheten retningsforandringer.

Disse resultatene, og flere andre, viser viktigheten av 1RM og power for fotball. Forbedring av styrke kan forbedre sentrale fysiske ferdigheter som sprint, hopp og retningsforandringer. Som nevnt tidligere skjer disse eksplosive ferdighetene ofte før kampavgjørende situasjoner. Faude et al. (2012) viste til at 83% av målene i Bundesligasesongen 2007–08 skjedde etter at målskårerer

eller den som assisterte målet hadde utført én eller flere nær maksimale eller maksimale aksjoner. Spillere som har bedre fysiske ferdigheter innen sprint, maksimal hastighet og spenst vil kunne ha mulighet til å nå ballen tidligere. I tillegg spiller en rekke andre ferdigheter inn som påvirker resultatet. Silva et al. (2015) viste også at mange av intervensjonene er gjort tidlig i forberedelsesperioden, noe som kan være en årsak til de store forbedringene i styrke intervensjonene. Parallelt ser en at utøvere ofte får en reduksjon i de fysiske ferdighetene etter sesongslutt, grunnet reduserte treningsmengder.

Intervensjoner i fotballsesongen har stor betydning og er viktig å undersøke, selv om de ofte er vanskelige å gjennomføre på grunn av begrenset tid til styrketrening i sesong. Profesjonelle fotballspillere har én til tre kamper per uke. Tiden brukes til å reise til kamper, forberedelse før kampen og restitusjon etter kamp. I sesong øker også fokuset på taktisk og teknisk trening, noe som betyr at styrketrening og kondisjonstrening ofte blir nedprioritert på grunn mangel på tid. (McQuilliam et al., 2022; Rønnestad et al., 2011). Treningsbelastningen er derfor høy gjennom en lang sesong, og i tillegg vil godt trente utøvere trenge høyt treningsstress for å vedlikeholde og forbedre styrke- og powerferdigheter (Rønnestad et al., 2011). En av de største forskjellene mellom sesong- og forberedelsesperiode, er at kampene i sesong, som spillere eller laget blir målt på, handler om å skaffe poeng i serie eller gå videre i cuper. Det spilles i liten grad treningskamper, og derfor er det mye viktigere å være mest mulig restituert for å kunne prestere best mulig. Faren med å ønske å trene med for stort volum eller intensitet, er at det vil kunne gå ut over den fysiske prestasjonen som igjen kan påvirke sluttresultatet i fotballkamper. En viktig grunn til å undersøke styrkeintervensjoner i sesong for fotballspillere, er for å måle hvor mye styrketrening spillere trenger for å kunne få en forbedring i prestasjon, eller for å kunne opprettholde den styrken de alt har opparbeidet seg gjennom forberedelsesperioden. Dette kan gi en indikasjon på hvor mye styrketrening en bør trene basert på målsettingen; om målet er å vedlikeholde eller forbedre styrken. Med kompleksiteten i fotball er det alltid andre ferdigheter som kan trenes for å forbedre ytelsen til utøverne og prøve å maksimere resultatene i kamp. Ofte er målet med styrketrening i sesong å vedlikeholde styrken og bevare den fysiske prestasjon, i tillegg til å redusere risikoen for skader (Beato et al., 2021; McQuilliam et al., 2022; Suchomel et al., 2016). Rønnestad et al. (2011) rapporterte at for profesjonelle fotballspillere i den øverste divisjonen i Norge var én styrkeøkt i uken bestående av tre ganger fire repetisjoner med knebøy nok for å vedlikeholde styrken som er opparbeidet fra forberedelsesperioden. Metaanalysen til Nuñez et al. (2022) konkluderte med at styrketreningen

i sesong vil ha en begrenset innvirkning på korte sprinter og hoppprestasjoner til elitefotballspillere. Bakgrunnen er at overbelastede kamplaner og høyt volum av fotballspesifikk trening, som vanligvis utføres av spillerne, trolig vil redusere effekten av styrketreningen. Metaanalysen viser også at det er mulig å få en forbedring av de eksplosive ferdighetene gjennom styrketrening i sesong, men at det ikke gjelder alle utøvere. For juniorfotballspillere er det flere studier som har funnet forbedring i både styrke og korte sprinter gjennom styrkeintervensjoner i sesong (Chelly et al., 2009; de Hoyo et al., 2016; Hammami et al., 2019; Styles et al., 2016).

Det finnes flere muligheter for å periodisere trening, der de to vanligste og mest kjente er tradisjonell periodisering og blokkperiodisering. Begge metodene har sine fordeler og ulemper, men generelt kan en si at å periodisere kontra ikke-periodisere skal gi fordeler som å tilrettelegge for god progresjon, toppe formen og minimere sjansene for skader. I mye av treningen blir belastningen ofte forhåndsbestemt, noe som ikke gir rom for individuell tilpasning til treningsbelastning avhengig av faktorer som restitusjon, søvn, stress og muskeltrøtthet (Greig et al., 2020). Derfor har autoregulering blitt utviklet og tatt i bruk, og dette kan gjøre det enklere å tilpasse treningen. Økten kan tilpasses etter objektive eller subjektive mål, der utøveren i større grad selv må kjenne kroppen sin og hvilken belastning den er klar for (Greig et al., 2020; Larsen et al., 2021). Det finnes flere studier som viser at autoregulering av styrketrening gir større forbedring enn den tradisjonelle trening med prosent av 1RM (Graham & Cleather, 2021; Zhang et al., 2021) Dette skjer ofte på grunn at belastningen blir oftere tilpasset med autoregulert metode og utøver for da trent med et større volum. Innen de fleste idretter, som fotball, vil treningshverdagen handle om mye mer enn styrketrening. Derfor er det ikke alltid lett å treffe riktig på treningsintensiteten og volumet, der vil autoregulering, enten subjektiv, objektiv eller begge metoder, kunne gjøre det enklere å tilpasse belastningen individuelt for fotballspillerne. Det er vist at styrketrening på fotballspillere i underekstremiteten er viktig, og at spillere kan få stor forbedring av styrken i forberedelsesperioden (Rønnestad et al., 2008; Silva et al., 2015) og i sesong (Silva et al., 2015). Med begrenset tid til styrketrening, på grunn av totalbelastningen, er målet med styrketrening i sesong ofte kun å vedlikeholde styrken en har opparbeidet fra forberedelsesperioden (Beato et al., 2021; McQuilliam et al., 2022; Suchomel et al., 2016).

Mengden av styrketrening avhenger av målsetningen. Mye av styrketreningen i idrett, også fotball, brukes for å kunne maksimere prestasjonen i konkurranse, men også for å redusere skader (Al Attar et al., 2017; Harøy et al., 2019). Det har blitt vist av flere forskere at én økt i

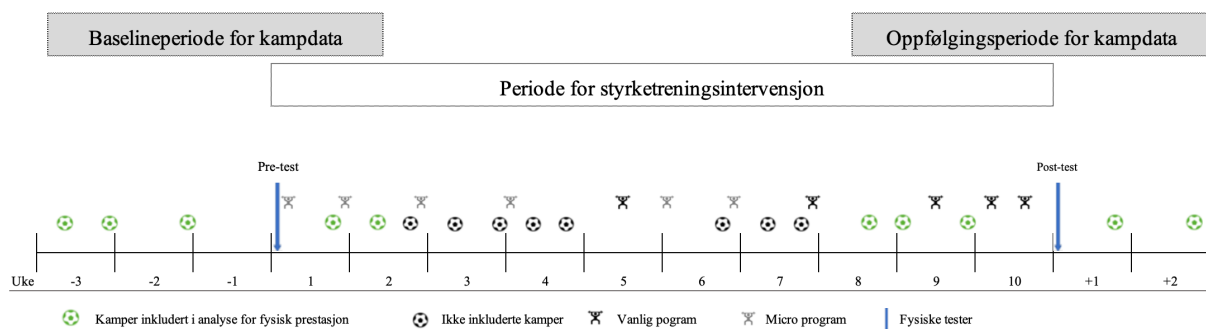
uken i sesong er nok for å vedlikeholde styrken en opparbeidet i forberedelsesperioden (Rønnestad et al., 2011; Silva et al., 2015). Dersom målsetningen er å forbedre maksimal styrke for godt trente utøvere, er den generelle anbefalingen to økter med styrke per uke (Beato et al., 2021). De fysiske eksplosive ferdighetene blir som nevnt tidligere utført i helt kampavgjørende situasjoner (Faude et al., 2012), men det er lite forskning på om forbedringer i styrken gjennom styrketrening målt ved fysiske tester også gir endringer i fysisk prestasjon i kamp. Spørsmålene som kan reises er om spillere som får en forbedring i fysiske tester i sesongen også vil vises på fysisk prestasjon i kamp. Vil spillere som får negativ endring i isolerte fysiske tester i laboratorium dermed prestere dårligere i fysiske målte parameter i kampsituasjon? Spørsmålet blir om det vil være en sammenheng mellom forbedringene i styrkeintervensjon innen 10- og 30-meter sprint, topphastighet, spenst og power i leggpres, og prestasjoner i fysiske parameter i offisielle fotballkamper, som løpsdistanse, løping i høy intensitets, sprint, topphastighet, PLTM, høyintensitetsaksjoner og akselerasjoner, nedbremsing og retningsforandringer. Kanskje er det ikke en klar sammenheng, eller kanskje klarer ikke de fysiske testene å måle samme fysiske ferdigheter som i fotball. Det kan også være at det er for stor kamp-til-kamp-variasjon til å se endringer. Taktikk, motstander, mål eller røde kort er noe av det som kan påvirke den fysiske prestasjonen til fotballspillere.

2. Metode

2.1 Design

Denne intervensjonen er en del av et større doktorgradsprosjekt, hvor hovedprosjektet var en randomisert kontrollert studie som sammenlignet to ulike former for autoregulering av styrketreningsvolum: Objektiv autoregulering via ekstern belastning i kamp versus subjektiv selvvalgt regulering. I denne masteroppgaven blir studiedesignet en kohortstudie hvor deltagerne gjennomfører pre- og posttester av fysiske ferdigheter i laboratorium. Mellom pre- og posttestene gjennomførte spillerne en ti ukers styrkeintervensjon. Basert på de fysiske testene blir deltagerne delt i tre grupper etter endringen fra hver av de ulike fysiske testene; forbedring, kontrollgruppe (vedlikehold) og reduksjon. Spillerne bruker springssystemet Catapult sports Vector s7 som måler fysisk prestasjon i kamper. Gruppene fra de fysiske testene blir sett opp mot fysisk prestasjon i kamp, der en ser etter en mulig sammenheng mellom endringer på fysiske tester, opp mot endringer i fysisk prestasjon i kamp.

Intervensjonen i studien ble gjennomført over 15 uker i den siste halvdel av den ordinære fotballsesongen, altså på høsten (Figur 1). I løpet av intervensjonen trente spillerne vekselvis med et mikrodose-styrketreningsprogram (grå styrkeikoner) og en normal dose styrkeprogram (sorte ikoner). Fysiske tester (blå piler) ble gjennomført ved start og slutt av styrkeintervensjonen, med testene 30-meter sprint, svikthopp og leggpress power i keisermaskin. Totalt spilte laget 18 kamper gjennom 15-ukersperioden, der gjennomsnittet av fem kamper ved start ble inkludert som *baselineperiode*, og snittet av fem kamper mot slutten av perioden ble brukt som *oppfølgingsperiode*. Disse kampene ble inkludert for å undersøke effekten av den fysiske prestasjonen i kamp målt gjennom ekstern belastningen opp mot de fysiske testene.



Figur 1: Tabellen viser oversikt over hele perioden. Fotballikoner viser kampdager, der grønne fotballikoner er kamper som er inkludert i analysen for fysisk prestasjon.

2.1.1 Deltagere

En profesjonell fotballklubb som spiller på nivå to i Norge (Obosligaen) var invitert til å delta i studien. I utgangspunktet ble 30 utespillere inkludert, men ni spillere ble ekskludert fra pretestene grunnet skader eller at de ikke var en del av seniorlaget. I alt 21 spillere ble tilfeldig delt i to grupper, autoregulert gruppe (n=10) og subjektiv regulert gruppe (n=11). Gjennom styrkeintervensjonen ble fem spillere skadet, noe som hindret spillerne i å delta i posttestene. For å videre bli inkludert i analysen måtte spillerne være på banen ≥ 60 minutter i minst to kamper i både baselineperioden og oppfølgingsperioden. Kun åtte av 16 spillere hadde tilstrekkelig antall minutter i kampene til å bli inkludert videre i analysene av denne studien (n=8, hvor n=5 i Auto og n=3 i Subjektiv: 25.4 ± 3.1 alder, 184.1 ± 3.4 cm, 79.3 ± 2.2 kg). Ettersom treningsmengden mellom gruppene var lik og kun åtte spillere ble inkludert i denne studien, ble de analysert individuelt og uavhengig av treningsgruppe fra hovedprosjektet. Hvordan gruppene har trent og treningsprogrammene ble gjennomført, blir gjort detaljert rede for videre i metodedelen.

2.2 Intervensjonsprosedyre

Spillerne gjennomførte to forskjellige styrketreningsprogrammer gjennom perioden; Micro og Normal (Tabell 1). Begge programmene ble utformet for å være gjennomførbare i sesong, med øvelser spillerne allerede var kjent med. For den autoregulerte gruppen ble styrkeprogrammet Micro brukt i perioder med høy kampbelastning, rundt to kamper i uken, mens det vanlige styrkeprogrammet ble brukt i normale uker, rundt én kamp i uken. Den subjektiv regulerte gruppen valgte selv hvilket program og antall sett de ville bruke. Øvelsene til programmene er presentert i Tabell 1. Alle spillerne utførte ett til to sett per øvelse med Micro-programmet, og ett til tre sett per øvelse i det normale styrkeprogrammet. Spillerne gjennomførte én til to styrketreninger per uke i perioden, med mål om å trene styrke to ganger per uke så lenge fotballtreninger og kampoppsett tillot det. Det var hovedtreneren som bestemte når styrketreningsøktene kunne gjennomføres. Plan for styrkeøktene var ellers lik for begge gruppene (Figur 1).

Tabell 1: Styrketreningsprogram i intervensjonsperioden.

Program / Øvelse	Sett	Reps	RIR	Pause	Kommentarer
MICRO-DOSE					
<i>A1 Knebøy</i>	1-2	6	1-2	2-3 min	Dyp med stang
<i>A2 Svikthopp avlastet med strikk</i>		4			Kroppsvekt, pause 2 sek nederst
<i>B1 Hofteløft</i>	1-2	6	1-2	2-3 min	
<i>B2 Dypt svikthopp</i>		4			Instruert til å hoppe høyest mulig
NORMALDOSE					
<i>Knebøy</i>	1-3	6	1-2	2-3 min	Dyp med stang
<i>Hofteløft</i>	1-3	6	1-2	2-3 min	
<i>Bulgarsk splittknebøy</i>	1-3	6	1-2	2-3 min	Sett x reps per side
<i>Sittende tåhev</i>	1-3	6	1-2	2-3 min	
<i>Sideplanke</i>	1-3	8		2-3 min	Sidelengs med knespark (8 kne spark) Sett x reps/side. Ca. 15 sek. per side.
<i>Pallof-press</i>	1-3	8		2-3 min	Stående i kabelmaskin. Set x reps per side. Hold rundt 3 sek. per side.

Alle deltagere utførte de samme programmene. A1 og A2, or B1 og B2, supersett mellom øvelsene. 1 og 2 ble gjennomført uten hvileperiode. RIR: Repetisjoner i reserve.

I den autoregulerte gruppen bestemte høyintensitetsløpsdistanse (HIR) (<19,8 km/t) styrketreningsvolumet, mens for den subjektive gruppen ble de instruert til å velge volumet av styrketreningsøkten selv, basert på den subjektive følelsen av evne til å trene for hver enkelt utøver.

For den autoregulerte gruppen var styrketreningsvolumet avhengig av spillerens distanse med høyintensitetsløp mellom siste kamp og styrketreningsøkten, samt deltagelsen i kamp. Hvis en styrketreningsøkt ble utført <3 dager etter en kamp, og spilleren hadde ≥ 60 min spilletid, ble HIR fra den spesifikke kampen brukt for å regne ut treningsvolumet til styrkeøkten. I alle andre tilfeller ble den akkumulerte høyintensitets løpsdistansen de siste 72 timene før styrketreningsøkten brukt til å beregne spillerens distanse med høyintensitetsløping. HIR ble kategorisert basert på funnene til Hader et al. (2019), og gruppene ble delt inn med bakgrunn i gjennomsnittsdistanse $\pm 0,5$ SD (554 meter ± 133 meter). Bakgrunnen til denne inndelingen var et mål om å ha tre cirka like store grupper, fordelt i lavest, middels og størst HIR-belastning. I denne oppgaven blir de inkluderte deltagerne sett på som én styrkegruppe uavhengig av om deltageren var i subjektiv eller autoregulert treningsgruppe.

2.3 Testprosedyre

Alle de fysiske testene ble gjennomført i løpet av en dag, én ved pre- og én ved postintervensjon. Det fysiske testbatteriet besto av ti minutter selvvalgt oppvarming på tredemølle, 30-meter lineær sprint, hopp med svikt og keiser leggpres. Testdagen varte i ca. 60 minutter per utøver, og testene ble gjennomført i samme rekkefølge. Utøverne hadde ingen moderat eller hard fysisk aktivitet innen 48 timer før testing. De fysiske posttestene ble gjennomført 70 dager etter pretest, med samme tidspunkt begge dagene (± 1.0 time).

2.3.1 10- og 30-meter sprint

10- og 30-meter sprinttest ble gjennomført med lette treningsklær innendørs på syntetisk overflate. Før testen gjennomførte spillerne to til tre submaksimale oppvarmingsløp med økende fart på hvert løp. Spillerne utførte tre maksimale sprinter med fire minutters passiv hvile mellom hvert forsøk. Hvis det tredje forsøket var det beste, kunne deltakeren gjøre et fjerde forsøk etter fire minutters hvile. Det var trådløse fotoceller og reflektorer (Musclelab, Ergotest, Porsgrunn) som målte tiden med fem meters intervall (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30) langs 30-metersløypen. Tiden ble startet når den fremste og selvvalgte foten utløste den første sensoren, som var plassert 0 cm foran startlinjen og 40 cm over bakken. De resterende fotocellene var plassert 140 cm over bakken. Deltagerne plasserte den foten de ønsket fremst rett bak startstreken, og den andre foten der de ønsket. Deltagerne kunne gjøre en motbevegelse så lenge begge beinene hadde kontakt med bakken. Topp hastighet ble beregnet fra femmeters splitt-tidene. Den beste tiden ble inkludert i analysen.

2.3.2 Hopp med svikt

En av øvelsene var hopp med svikt, som ble utført med beina stående i skulderbredde og hendene plassert på hoftene, der de skulle holdes gjennom hele hoppet. Dybden på sviktbevegelsen var selvvalgt før maksimalt vertikalt hopp. Spillerne gjennomførte to til tre sett av tre hopp med 30 sekunders mellomrom, og to minutters passiv pause mellom hvert sett. Testen ble gjennomført med AMTI kraftplattform (Advanced Mechanical Technology, Inc Waltham Street, Watertown, USA), med en samplingshastighet på 1000Hz. Den gjennomsnittlige hopp-høyden, målt i cm av de to beste forsøkene, ble inkludert i analysen.

2.3.3 Keiser leggpres

Maksimal power i underekstremiteten ble testet ved bruk av en forhåndsbestemt, standardisert titrinns beinpresstest på Keiser AIR300 horisontal beinpressdynamometer (Keiser Sport health equipment INC., Fresno, CA, USA). Keiser AIR300 bruker lufttrykksmotstand (pneumatic), og måler kraft og hastighet i sylinder ved hver repetisjon. Testpersonene ble instruert til å sette seg i maskinen, og instruktøren stilte deretter setet til riktig posisjon. Den trinnvise testen ble utført med en utgangsposisjon på 90 graders vinkel i kneleddet. Posisjonen til settet ble notert, slik at utøveren hadde samme posisjon hver gang. Testen startet med en mostand på 41 kg, og økte til 250 kg ved den tiende repetisjonen. Vektøkningen og pausen var standardisert, motstanden økte med ~20–30 kg per repetisjon, og hvilepausen ble utvidet ved hver vektøkning, opp til den tiende repetisjonen. Hvis utøveren overskred ti repetisjoner, fortsatte testen med rundt 40 sekunders hvile mellom hvert forsøk, fram til utøveren ikke klarte den økende motstanden. Deltagerne hadde et repetisjonsområde fra ~10-15. Spillerne ble motivert til å utføre hver repetisjon så eksplosivt som mulig fram til en ikke klarte motstanden. Etter hvert som motstanden ble tyngre og pausene lengre fikk utøverne disponere pausene selv, så lenge han var tilbake og klar til neste repetisjon. Utøverne fikk mulighet til å sitte i stolen og riste løs på beina eller gå ut av maskinen å bevege seg. Den teoretiske maksimale power ble beregnet som den teoretisk maksimale kraften ganger den teoretiske maksimale hastigheten, og ble beholdt for videre analyse.

2.4 Fysisk prestasjon i offisielle fotballkamper

De fysiske variablene fra kampene ble innhentet av sporingssystemet Catapult Sports (Vector S7, Fastvare 8.10, Catapult Sports, Melbourne, Australia). Hver spiller hadde på seg en sporingseenhet, plassert på ryggen mellom skulderbladene i en spesialsydd vest fra produsenten.

Dataene ble innhentet med samplingsfrekvens på 10hz satellittnavigasjonssystem og akselerasjonsbasert data, som inkluderte tredimensjonal måling med akselerometer, gyroskop og magnetometer. Alle disse metodene samler inn data med en hastighet på 100hz. Enheten ble slått på ~15 minutter før kampene, og utøverne brukte den samme enheten gjennom hele intervensjonen. Prestasjonen i totalt ti kamper ble undersøkt for å se på endringer i den eksterne belastningen opp imot de fysiske variablene som ble testet i laboratorium. Av disse var fem kamper ved starten av perioden over 28 dager for å finne baselineperioden, mens i oppfølgingsperioden ble fem kamper spilt over 29 dager. Alle de inkluderte kampene ble spilt på kunstgress.

Kampdataene ble hentet inn fra sporingsenhetene etter kampen og ble redigert i Catapult OpenField (Catapult Sports, Melbourne, Australia) programvare versjon 1.17.2, for kun å inkludere data hvor spilleren spiller. GNSS-baserte datavariabler fra kampene inkluderte distanse per minutt, PL^{TM} per minutt, topphastighet, HIR (19.8-25.2 km/t), sprint distanse (>25.2 km/t), akselerasjoner (Acc), oppbremsinger (Dec) og retningsforandringer (CoD9). Disse variablene blir beskrevet i studien til Luteberget og Spencer (2017).

2.4.1 Påvirkningsfaktorer for fysisk prestasjon i fotballkamp

Resultat i kamp og nivå på motstander kan påvirke lagets og utøverens fysiske prestasjon på banen (Castellano et al., 2011; Lago et al., 2010; Lago & Martín, 2007; Rampinini et al., 2007). For å se på disse mulige feilkildene blir de inkluderte kampene kategorisert etter både resultat og nivå på motstander. Kampresultatene ble kategorisert etter sluttresultat i tre kategorier: Seier/tap med to mål eller mer ($S \geq 2 / T \geq 2$), seier/tap (S/T) og uavgjort (U). I preperioden ble resultatene 1 $S \geq 2$, 2 U og 2 tap, mens i postperioden; 1 $S \geq 2$, 1 S, 2 U og 1 T. Grunnen til at kamper ble kategorisert med to mål eller mer, er at dersom kampen vurderes som avgjort, har spillerne en tendens til å kunne ta ned den fysiske prestasjonen. Motstanderens nivå ble kategorisert etter tabellplassering ved sesongslutt som, hard = topp 5, moderat = 6. til 10. plass og lett = 11. til 16. plass. Det inkluderte laget endte som moderat rangert lag. I preperioden ble tre kamper kategorisert som hard, én som moderat og én som lett. I postperioden ble én kamp kategorisert som hard, to som moderat og to som lett.

2.5 Statistikk

Deskriptive resultatet er utregnet gjennom programmet Excel (versjon 16,70 ,255 Microsoft Corp. Redmond, WA, USA), der resultatet i fysiske tester er presentert individuelt med beste resultat. Fysisk prestasjon er presentert individuelt med gjennomsnitt for perioden. Den

statistiske analysen har blitt gjennomført ved bruk av feilmargin i både absolutt typical error (TE), relativt typical error% (TE%), minste verdifulle endring (smallest worthwhile change; SWC) og variasjonskoeffisient (coefficient of variation; CV). Endringer gjennom pre- og post-test av styrkeintervensjonen ble vurdert gjennom TE, TE% og SWC, hvor en spiller måtte ha større endring i TE, TE% og SWC for å bli kategorisert som forbedring eller reduksjon i ytelse. TE og TE% er hentet fra artikkelen til Lindberg et al. (2022) som har sett på reliabiliteten til fem fysisk isolerte tester gjennomført i laboratorium. TE og TE% blir brukt slik at en eventuell endring skal knyttes til endring hos utøver, og ikke til endring i måleutstyret. SWC ble utregnet ved å gange 0,2 med standardavviket til pretestene (Hopkins, 2000). SWC ble utregnet fra pre-test basert på alle spillerne som gjennomførte styrkeintervensjonen (n=16). SWC blir brukt for å kunne si om en spiller har betydelig endring. Utøverne måtte ha en positiv eller negativ endring større enn måleutstyrets absolutte og relative feilmargin, samt minste verdifulle endring i én test for å bli kategorisert som en positiv eller negativ endring.

Endring i fysisk prestasjon målt av ekstern belastning fra kampdata, ble vurdert med bruk av SWC og CV. SWC ble brukt for å finne minste mulige endring for å øke sjansen for vellykkethet. SWC ble utregnet fra fire ulike perioder med cirka samme varighet og antall dager mellom kamper, motstand og resultat kategorisering i kampene (standardavviket til perioden gange 0,2 for SWC). En periode besto av fem sammenhengende kamper hvor en spiller måtte spille alle fem kampene og være på banen i over 60 min. I alt 13 spillere ble inkludert i utringningen av SWC. CV ble laget individuelt for hver spiller, for å undersøke individuell kampvariasjon til hver enkelt spiller. CV ble laget basert på samme periode som SWC, der de inkluderte spillerne måtte delta i fem sammenhengende kamper spilt over 60 spilte minutter. Utregning av CV var standardavviket for perioden delt på gjennomsnittet fra perioden. Tallene for SWC (fysisk test og fysisk prestasjon fra kamp), TE og TE% (fra fysisk test) vises i tabell 2. Den individuelle CV i fysisk prestasjon i fotballkampene vises i tabell 3. Spillerne trengte større endring både SWC og CV positivt eller negativt for at resultatet skulle anses som en forbedring. Deretter ble det undersøkt om det var mulig å se en sammenheng mellom endring i fysiske tester og fysisk prestasjon på disse variablene.

Tabell 2: SWC, TE og TE% for fysiske testene samt SWC og CV for fysisk prestasjon i kamp

Kategori/ Datavariabel	SWC (n=16)	TE	TE%
Fysisk test			
10 meter (sek)	0,01	-0,03	-1,9%
30 meter (sek)	0,03	-0,05	-1,3%
Topp hastighet (m/sek)	0,08	0,18	2,2%
Svikthopp (cm)	1,1	1,7	4,6%
Leggpress Pmaks (w)	71	71	4,4%
Fysisk prestasjon	SWC (n=13)		
Distanse per meter (m/min)	1,7		
Topp hastighet (m/s)	0,07		
PlayerLoad TM per min (au/meter)	0,31		
Høyintensitetsløpsdistanse (19.8-25,2 km/t) (m/90 min)	25		
Sprintdistanse (>25,2 km/t) (m/90 min)	10		
Høyintensive aksjoner (#/90 min)	5,2		
Akselerasjoner (#/90 min)	1,4		
Oppbremsinger (#/90 min)	1,8		
Retningsforandringer (#/90 min)	3,7		

Verdiene for fysisk prestasjon; *distanse per meter* og *PlayerLoadTM* er relativ til spilletid (m eller au per min). *Topp hastighet* er høyeste hastighet målt i kamp. De andre verdiene for fysisk prestasjon er utregnet til en kamp (90 min), (m eller # delt på spilletid gange med 90). Au; arbitrary units, #; antall.

Tabell 3: Viser individuell CV i prosent til hver spiller av de fysiske variablene målt i kamp

Spiller	M/min	Topp-hastighet	PL TM / min	HIR	Sprint	HIE	Acc	Dec	CoD
1	3,3 %	3,1 %	3,7 %	20,6 %	47,4 %	12,3 %	21,4 %	23,9 %	19,0 %
2	2,0 %	2,9 %	2,5 %	15,6 %	41,5 %	10,4 %	18,3 %	28,8 %	11,0 %
3	3,8 %	6,4 %	5,4 %	18,8 %	54,7 %	6,3 %	15,7 %	10,9 %	14,7 %
4	5,2 %	2,6 %	8,5 %	22,3 %	59,5 %	13,7 %	23,5 %	20,1 %	16,0 %
5	3,0 %	5,5 %	3,4 %	12,1 %	23,6 %	16,8 %	12,5 %	24,3 %	27,5 %
6	2,7 %	3,1 %	2,8 %	12,8 %	26,4 %	9,0 %	24,2 %	12,2 %	13,1 %
7	3,0 %	2,7 %	6,7 %	10,6 %	24,8 %	9,7 %	20,6 %	21,4 %	14,7 %
8	6,6 %	4,1 %	8,3 %	29,0 %	23,1 %	12,7 %	6,9 %	28,6 %	11,9 %

M/min; meter per min, **Topp hastighet**; høyeste hastighet oppnådd i kamp (m/sek), **PLTM/min**; PlayerLoadTM **HIR**; høyintensitetsløp distanse 19,8-25,2 km/t, **Sprint**; Sprint distanse >25,2 km/t, **HIE**; høyintense aksjoner (> 2,5 m/s), **Acc**; akselerasjoner (>2,5 m/s), **Dec**; oppbremsinger (>2,5 m/s), **CoD**; retningsforandringer (>2,5 m/s),

2.6 Etikk

Dette prosjektet er en del av et større doktorgradsprosjekt. Studien ble utført i samsvar med Helsinkierklæringen fra 1975, og er godkjent av den lokale etiske komiteen ved universitetet i Agder, Norsk senter for forskningsdata (NSD) (Vedlegg 1) og fakultetet for etisk godkjenning (FEK) (Vedlegg 2) før oppstart. Deltagerne fikk muntlig og skriftlig informasjon om metoder

og mål for prosjektet, samt mulige fordeler og risikoer. Alle deltagerne ga skriftlig samtykke før de startet prosjektet (Vedlegg 3). Det var frivillig å delta, og forsøkspersonene kunne trekke seg fra prosjektet uten å gi noen ytterligere forklaring eller konsekvenser.

All informasjon om prosjektet ble holdt konfidensiell, og kun personer tilknyttet prosjektet hadde tilgang til informasjonen. Alle personopplysninger ble anonymisert med ID-nummer og kan kun avkodes med en krypteringsnøkkel lagret lokalt i safe ved Institutt for idrettsvitenskap og kroppsøving sine kontorer ved Universitetet i Agder, Kristiansand. Kun prosjektlederen har tilgang til denne safe. Dataene ble bevart i henhold til retningslinjer fra NSD.

3 Resultater

Gjennom styrkeintervensjonen på ti uker klarte noen spillere og oppnå en forbedring. Tabell 3 og 4 viser resultatene av styrketestene av pre- og posttest, samt endringen som har skjedd for utøverne gjennom den ti ukers styrkeintervensjonen. I Tabell 4 vises de fysiske testene og endringene på løpstestene og topphastighet. To spillere får en positiv endring på 10- og 30-metersprint, og tre spillere på topphastighet. En spiller får en negativ endring på 10- og 30-metersprint, mens ingen får negativ endring på makshastigheten. Tabell 5 viser resultatene fra de fysiske testene og endringene i øvelsene svikthopp og maksimal power målt gjennom leggpress i keisermaskin. Tre spillere fikk en positiv endring i svikthopp og én spiller fikk positiv endring i leggpress. To spillere fikk en negativ endring på svikthopp, mens fire spillere fikk negativ endring på leggpress.

Tabell 4: Pre-, posttest og endringen i 10-meter-, 30-meter sprint og topphastighet.

Spiller	10 Meter (sek)			30 Meter (sek)			Topp hastighet (m/sek)		
	Pre	Post	Endring	Pre	Post	Endring	Pre	Post	Endring
1	1,49	1,51	0,02	3,85	3,89	0,04	9,06	9,14	0,08
2	1,49	1,46	-0,03*	3,80	3,72	-0,08*	9,36	9,60	0,23*
3	1,60	1,53	-0,08*	4,04	3,88	-0,16*	8,64	9,06	0,42*
4	1,65	1,67	0,02	4,27	4,29	0,02	7,97	7,94	-0,04
5	1,44	1,47	0,03**	3,71	3,78	0,07**	9,42	9,35	-0,07
6	1,54	X	X	3,93	3,99	0,05	8,77	X	X
7	1,46	1,46	0,00	3,79	3,79	0,00	9,09	9,06	-0,03
8	1,52	1,52	0,00	3,92	3,88	-0,03	8,87	9,31	0,45*

*Positiv endring

**Negativ endring

X Fikk ikke tellende resultat på test.

Tabell 5: Pre-, posttest og endringen i svikthopp og leggpres.

Spiller	Svikthopp (cm)			Leggpres Pmaks (w)		
	Pre	Post	Endring	Pre	Post	Endring
1	44,0	42,8	-1,2	1902	1764	-138**
2	47,5	55,7	8,2*	2098	2267	169*
3	41,5	49,4	7,9*	1534	1599	65
4	27,4	28,7	1,3	1165	1035	-130**
5	46,9	43,8	-3,1**	1164	1105	-59
6	42,7	39,6	-3,1**	1597	1478	-119**
7	38,7	38,9	0,2	1719	1683	-36
8	39,0	43,9	5,0*	1673	1573	-100**

*Positiv endring

**Negativ endring

Tabell 6 viser kategoriseringen av resultatene på de fysiske testene som ble gjennomført i laboratorium. De fleste deltagerne vedlikeholdt sitt resultat på 10-, 30-meter sprint og topphastighet (n=4). I leggpres fikk derimot de fleste deltagere reduksjon i ytelse (n=4), mens i svikthopp fikk de fleste en positiv endring (n=3) eller vedlikeholdt resultatet (n=3).

Tabell 6: Viser kategorisering av endringen i de fysiske testene

Test	Antall personer		
	Forbedring	Vedlikehold	Reduksjon
10 meter	2	4	1
30 meter	2	4	1
Topp hastighet	3	4	0
Svikthopp	3	3	2
Leggpres	1	3	4

Tabell 7 viser de fysiske variablene som blir målt i kamp, i både baseline-, oppfølgingsperioden, samt endringene for hver enkelt spiller. Resultatmålingene av den fysiske prestasjonen i kamp (Tabell 7) viser at de fleste forbedrer eller holder nivået når en ser på dataene som måler distanse, topphastighet og belastning. En ser at tre spillere får en forbedring i m/min, tre spillere får en forbedring i PLTM, mens én får tilbakegang. I topphastighet får fire spillere forbedring, hvor fire spillere får forbedring seg i HIR og hele fem av åtte spillere forbedrer sin sprint-distanse. Dataene som viser antall akselerasjoner, nedbremsinger og retningsforandringer per kamp viser en større variasjon, der de fleste får en forbedring (Acc n= 5, Dec n=1, CoD n= 4), eller vedlikeholder nivået (Acc n= 3, Dec n= 5, CoD n= 3), mens mindretallet får en tilbakegang (Dec n=2, CoD n= 1). På HIE får fire spillere fremgang og to spillere tilbakegang. I underkategoriene til HIE får hele fem spillere fremgang, mens i antall akselerasjon for nedbremsinger får kun én spiller fremgang og to spillere en reduksjon. I den siste underkategorien, retningsforandringer, får fire spillere fremgang og en spiller får tilbakegang.

Tabell 7. Viser individuelle endringer av fysiske kampvariabler fra baseline- og oppfølgingsperiode.

Spiller		M/min	Topp hastighet	PL TM /min	HIR	Sprint	HIE	Acc	Dec	CoD
1 ^A	Pre	100,4	8,01	9,68	205	46	129,5	36,5	19,9	73,0
	Post	107,8	8,31	10,39	443	84	116,6	35,1	19,3	62,2
	Endring	7,4*	0,30*	0,70*	238*	38*	-12,8	-1,4	-0,7	-10,8
	Endring%	7,4*	3,8*	7,3*	116,3*	81,8*	-9,9	-3,7	-3,4	-14,8
2 ^A	Pre	121,0	8,29	12,90	647	144	108,8	25,1	24,7	59,0
	Post	126,5	8,57	13,35	670	159	128,1	29,8	22,3	76,0
	Endring	5,5*	0,28*	0,44*	23	15	19,4*	4,8*	-2,4	17,0*
	Endring%	4,5*	3,4*	3,4*	3,5	10,6	17,8*	19,1*	-9,6	28,7*
3 ^A	Pre	106,6	7,96	10,56	298	50	92,8	19,3	19,0	54,5
	Post	111,8	8,58	11,23	458	104	105,4	26,6	15,9	62,8
	Endring	5,3*	0,62*	0,67*	160*	55*	12,6*	7,3*	-3,0**	8,3*
	Endring%	4,9*	7,7*	6,4*	53,6*	109,7*	13,6*	37,8*	-16,0**	15,2*
4 ^B	Pre	132,4	7,56	13,74	713	59	91,1	22,4	16,7	51,9
	Post	130,4	7,70	12,49	785	81	93,2	18,3	20,0	54,9
	Endring	-2,0	0,14	-1,25**	72	22	2,2	-4,1	3,3	2,9
	Endring%	-1,5	1,9	-9,1**	10,1	36,8	2,4	-18,1	19,7	5,6
5 ^A	Pre	112,2	8,74	12,02	596	171	83,4	19,1	21,6	42,7
	Post	115,3	8,59	12,12	747	225	106,9	24,5	23,6	58,8
	Endring	3,0	-0,14	0,09	151*	54*	23,4*	5,3*	2,0	16,1*
	Endring%	2,7	-1,6	0,8	25,4*	31,6*	28,1*	28,0*	9,3	37,7*
6 ^B	Pre	128,6	8,25	13,33	715	178	113,2	20,7	31,3	61,2
	Post	130,3	8,26	13,38	714	150	158,9	31,0	37,8	90,1
	Endring	1,7	0,00	0,04	-1	-28	45,7*	10,3*	6,5*	28,9*
	Endring%	1,3	0,1	0,3	-0,1	-15,9	40,4*	49,9*	20,6*	47,2*
7 ^C	Pre	127,0	8,33	11,27	684	91	142,7	32,5	29,6	80,7
	Post	126,6	8,81	11,70	785	187	124,8	29,1	18,1	77,6
	Endring	-0,4	0,48*	0,43	101*	96*	-17,9**	-3,4	-11,4**	-3,1
	Endring%	-0,3	5,8*	3,8	14,7*	105,2*	-12,5**	-10,3	-38,7**	-3,9
8 ^A	Pre	110,3	8,32	10,45	756	222	135,8	21,3	28,2	86,3
	Post	110,0	8,45	10,18	754	292	117,4	23,9	20,7	72,9
	Endring	-0,4	0,13	-0,26	-2	70*	-18,4**	2,5*	-7,5	-13,4**
	Endring%	-0,3	1,5	-2,5	-0,3	31,6*	-13,5**	11,9*	-26,5	-15,6**

*Positiv endring

**Negativ endring

^A Spilt minimum 4 kamper i både pre- og postperiode. ^B Spilt minimum tre kamper i både pre og post periode. ^C Spilt maks to kamper i enten pre eller post periode

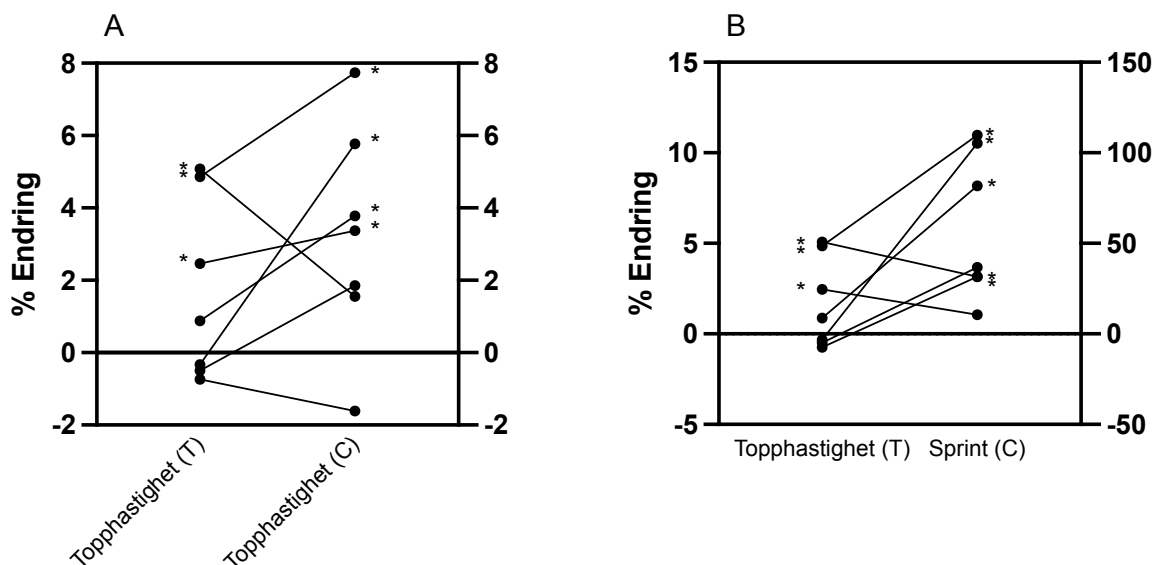
HIR; høyintensitetsløp distanse 19,8-25,2 km/t (m/kamp), **Sprint**; >25,2 km/t (m/kamp), **HIE**; høyintense aksjoner (#/kamp) (> 2,5 m/s), **Acc**; akselerasjoner (#/kamp) (>2,5 m/s), **Dec**; oppbremsinger (#/kamp) (>2,5 m/s), **CoD**; retningsforandringer (#/kamp) (>2,5 m/s). Utregnet til en kamp (90 min). Utregning (m eller # delt på spilletid gange med 90).

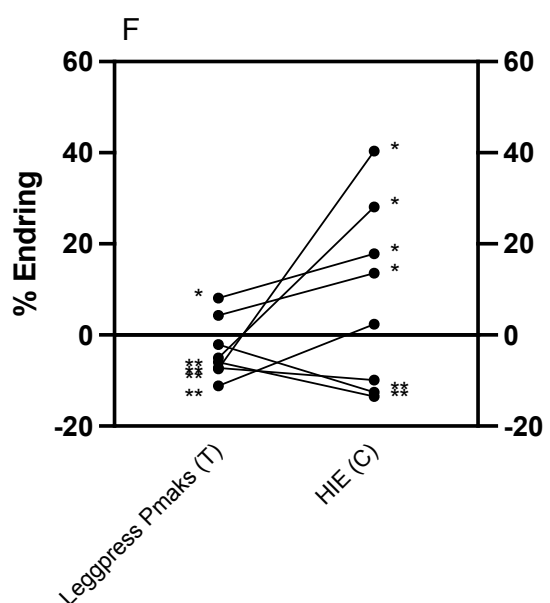
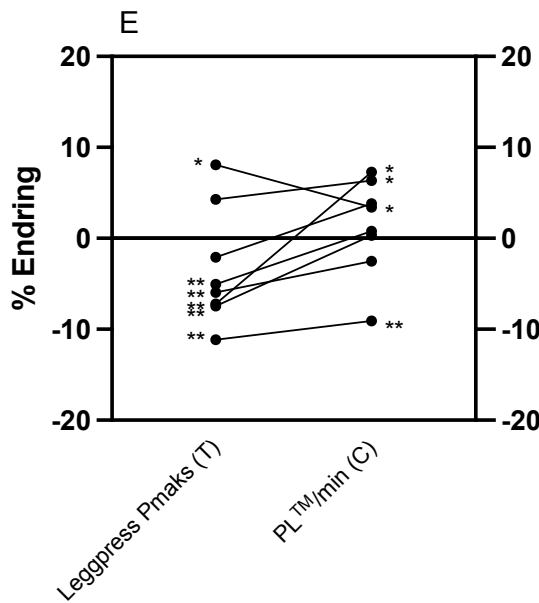
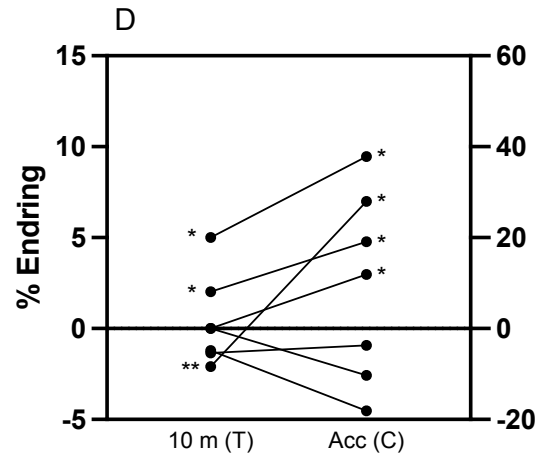
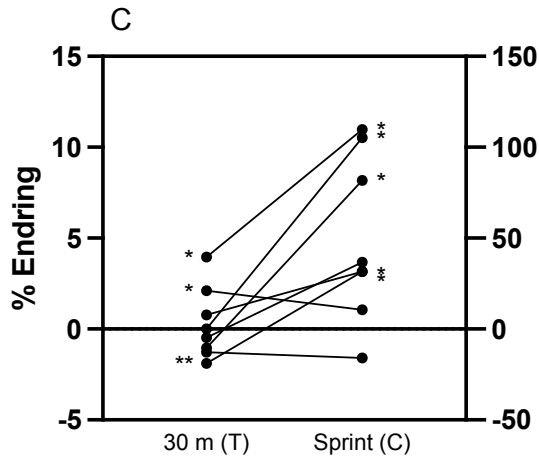
M/min; meter per min (m/min), **PLTM/min**; PlayerLoadTM (au per min), relativ til spilletid (m/au per min)

Topp hastighet; høyeste hastighet oppnådd i kamp (m/sek).

Figurene A–F viser den prosentvise endringen for individene i de fysiske testene sett opp mot prosentvis endring i catapult-variabler av fysisk prestasjon i kamp. Figur A viser at det ikke er en korrelasjon i endringen i topphastighet i test og kamp. Spiller 1 og 7 får endring i fysisk kampprestasjon, men får ingen endring i test, spiller 2 og 3 får positiv endring i både test og kamp. Figur B viser at to spillere får fremgang i både topphastighet i test og sprint i kamp. Figur B viser også at én spiller får forbedring på topphastighetstest, og én spiller som får forbedring i sprint. Når en sammenligner 30 metertest og sprintdistanse i kamp, får én spiller tilbakegang i sin tid på 30 meter, men forbedrer sin sprintdistanse i kamp. Én spiller får positiv endring i både tid på 30-meter og distanse i sprint i fotballkamp. Figur D viser en tendens hvor begge spillerne forbedrer sin tid på ti meter og øker antall akselerasjoner i kamp, men det er også to spillere til som øker antall akselerasjoner i kamp, der den ene har tilbakegang i prestasjon på ti meter. Ved å se på leggpress og PLTM i figur E, ser en at spilleren som får forbedring i maks power leggpress også øker i PLTM. En ser også det er samme spiller som har størst tilbakegang på begge parameterne, selv om den med størst forbedring i PLTM har en negativ endring i leggpress. Figur F ser på maks power i leggpress og HIE, hvor én spiller får en positiv endring i begge, mens det er tre andre spillere som får endring i HIE, som enten har tilbakegang i leggpress eller ingen endring. Ved å se og vurdere figurene ser en ingen klar sammenheng mellom endring i fysisk test og endringer i fysisk prestasjon i fotballkamper målt med catapult-variabler.

Figur A til F viser den prosentvise endringen i fysiske tester fra pre- til posttest (T) (venstre variabel), samt endring i fysisk prestasjon fra baseline til oppfølgingsperioden (C) (høyre variabel).





Over 0% endring vil kunne være en forbedring hvis endringen er stor nok. Under 0% endring vil kunne være reduksjon hvis endringen er stor nok.

* Forbedring større enn TE% og SWC eller CV og SWC. ** Negativ endring større enn TE% og SWC eller CV og SWC. Venstre datavariabel tilhører venstre y-akse, mens høyre datavariabel tilhører høyre y-akse.

4 Diskusjon

4.1 Diskusjon av resultatene

Denne masteroppgaven undersøker sammenheng mellom endringer i prestasjon ved fysiske isolerte tester sett i forhold til fysiske prestasjon i offisielle fotballkamper. Jeg har til nå ikke funnet noe forskning som har sett på de samme testene som i denne studien. O'Reilly og Wong (2012) hevder at laboratoriebaserte tester ikke er passende protokoller for fotball, spesielt når en skal vurdere kampsituasjoner. Derfor er det en mulighet for at ulike testers spesifikke forhold ikke kan måles opp mot prestasjoner i fotballkamper. Uten å ha funnet konkrete artikler som har sett på samme fysiske tester målt mot fysisk prestasjon i kamp, kan ikke resultatet i denne studien drøftes opp imot andre resultater. Den logiske sammenhengen og ulikhetene mellom de fysiske testene og fysisk prestasjon kan likevel diskuteres.

De to største forskjellene mellom de fysiske testene og fysisk prestasjon i kamp, er at en fotballkamp varer i 90 minutter pluss tilleggstid, og en spiller må ha spilt minimum 60 min for å nå et av inklusjonskriteriene. At utøveren har vært i aktivitet så lenge, vil mest sannsynlig føre til at det dannes muskeltrøtthet, noe som kan påvirke den fysiske prestasjonen i kampene (Di Salvo et al., 2023). Innenfor dette fagfeltet refererer muskeltrøtthet vanligvis til tilbakegang i muskelytelse assosiert med muskelaktivitet (Nédélec et al., 2012), samt redusert evne til å takle fysiske eller mentale stressfaktorer. Muskeltrøtthet er ofte knyttet opp mot en kombinasjon av dehydrering, glykogen uttømming og muskelskade (Nédélec et al., 2012). Tilsvarende får en lite til ingen negativ effekt av muskeltrøtthet ved de fysiske testene. Forskere har også sett at utøverens ytelse ved total distanse, HIR og sprintdistanse kan bli redusert i andre omgang (Di Salvo et al., 2009; Mohr et al., 2003), samt midlertidig etter de mest intensive periodene i kamp (Bradley et al., 2009; Krstrup et al., 2006). Den andre forskjellen er at i de isolerte fysiske testene handler det om testingen av den enkelte utøveren. Det betyr at en ikke trenger å forholde seg til motspillere, medspillere, ballen eller om spillere kommer i duell, slik som i en kampsituasjon. Dette kan være noen av grunnene til at en i dette utvalget ikke finner noen klar sammenheng mellom de fysiske testene og fysisk prestasjon i kamp.

Med topphastighet menes den høyeste hastighet en utøver klarer å oppnå. Variabelen topphastighet ved fysisk test målt mot topphastigheten i kamp, er identiske: Likevel er det noen forskjeller i målingene. Dette kan skyldes at biomekanikken kan være noe ulik når en analyserer løpsteknikken, siden spilleren i en kampsituasjon må følge med på det som skjer omkring seg.

Det kan være en offsidelinje, plassering av motspillere, medspillere eller ballen. Kanskje fører spilleren ballen samtidig, noe som krever konsentrasjon og kan påvirke løpets hastighet. Alt dette kan føre til at spillerne kan bli mer oppreist i kroppen for å kunne følge med på alt som skjer rundt seg (Haugen, 2014). I tillegg kan vær og vind, og sko og underlag være med på å påvirke ytelsen og resultatet (Haugen et al., 2014). Dette står i kontrast til ved en fysisk test, hvor en kun er opptatt av å løpe raskest mulig. Den fysiske testen tar heller ikke høyde for at den eventuelt raskeste sprinten i kamp kan ha blitt utført i en intensiv periode hvor en allerede har opparbeidet trøtthet i musklene. Forskere har sett på muskeltrøtthet i sprint og repetert sprint for fotballspillere fra før kamp og etter kamp. De finner at før kampstart var tidene 5–7% raskere enn etter kamp (Bendiksen et al., 2012). Ved repetert sprint var gjennomsnittet av sprintene som ble testet før kampen 2,8% raskere enn gjennomsnittet av tidene på de fem sprintene som ble utført etter kampslutt (Krustrup et al., 2006). Mendez-Villanueva et al. (2011) har sammenlignet de to spillerne med høyeste topphastighet mot resten av laget, og resultatene viser at de to spillerne som oppnår den høyeste topphastigheten i test også oppnår høyeste topphastighet i kamp. Hvis en ser på resultatene fra pre- og posttest, samt fra kampperiodene baseline- og oppfølgingsperioden, ser en at ingen spillere oppnår høyere topphastighet i kamp enn på de fysiske testene. To spillere (2 og 3) får en forbedring i både test (0,23 og 0,42 m/s) og kamp (0,28 og 0,62 m/s). Spiller 8 forbedrer sin topphastighet i test (0,45 m/s), men ikke i kamp. Spiller 7 får motsatt resultat, og får positiv endring i kamp (0,48 m/s), men ingen endring på test. En ser dermed ingen klar sammenheng mellom topphastighet på sprinttest og i kamp.

Ser en på høyeste oppnådde hastighet, er det ikke samme utøver som oppnår høyest resultat i fysisk test og i kamp. Dette kan bety at makshastighet kan være en indikator på hvor høy hastighet en spiller vil kunne oppnå i kamper, men en endring i topphastighet i fysisk test betyr ikke dermed at topphastigheten vil øke i kamp. Den største forskjellen mellom topphastighet i test mot kamp, er 1,08 m/s og minste forskjell er 0,25 m/s. Dette viser at det er en stor individuell variasjon mellom hvor høy topphastighet en spiller klarer å oppnå i test og kamp. Kyprianou et al. (2022) støtter dette funnet, og viser til at høyeste hastighet blir målt med en isolert test, vel og merke på 40 meter, det vil si ti meter lenger en sprinttesten i denne studien.

Hva er en betydelig endring i topphastighet? Haugen et al. (2014) sier at 30 til 50 cm forskjell er rundt 0,04-0,06 sek på 20 meter, noe som med all sannsynlighet vil kunne gjøre at en vinner en duell én-mot-én, og dermed kommer foran motspilleren. Fotball er en idrett med svært mange ulike aksjoner å vurdere, og det hjelper ikke å løpe raskere hvis det gjør at en løper i

offside eller ikke klarer å beregne når en skal sprinte og starter senere enn motspilleren. Samtidig kan det å øke sin topphastighet på fotballbanen være helt avgjørende for kampens resultat.

Hypotesen om at topphastighet i test målt mot sprintdistanse i kamp, er med å øke topphastigheten vil kunne gi en større evne til å produsere høyere hastighet. Iden er at raskere spillere vil kunne enklere opp i sprintsonen. Vil det være enklere og komme opp i sprintsonen hvis en øker sin topphastighet med 1,5 km/t. Vil en spiller som øker sin hastighet fra 32 til 33,5 km/t eller hvis en hadde gått fra 28 til 29,5 km/t i topphastighet kunne gjort at spilleren vil kunne klare å løpe lengre distanse i sprintsonen $>25,2$ km/t? En av de store forskjellene er sprinttest er at antall sprint skjer i gjennomsnitt 9 ± 4 per kamp for de inkluderte spillerne i studiens oppfølgingsperiode, kontra kun beste resultat i test. I tillegg utfører fotballspillere andre fysisk krevende aksjoner i fotballkamper som vil kunne påvirke sprint prestasjonen i fotballkamper. Resultatene i sprint test tar heller ikke høyde for muskeltrøtthet (Bendiksen et al., 2012; Krstrup et al., 2006), biomekanikk, samt at fotballspillere sprinter av ulike grunner i test og kamp, hvor i kamp en sprinter blir påvirket av forskjellige kampsituasjoner (Caldbeck & Dos'Santos, 2023). En kan heller ikke her se en klar sammenheng siden to spillere (3 og 8) får positiv endring i begge på topphastighet (0,42 og 0,45 m/s) og sprintdistanse i kamp (54 og 70 m), mens én spiller kun får endring på topphastighet, og spillerne 1,5 og 7 kun får endring i sprintdistanse.

I fotballkamper viste Vigne et al. (2010) at de fleste sprintene varer i to til fire sekunder, med distanse på mellom 10 og 30 meter. Dette er to distanser som svært ofte utføres i fotballkamper. Selv om selve distansen og varigheten på test og i kamp kan være like, er det noen klare forskjeller mellom dem. Sprinttestene måler evnen til å løpe 10 og 30 meter så fort som mulig. I en fotballkamp vil en ofte få vekslende perioder på banen med svært høy intensitet med sprinter. Spørsmålet blir om disse periodene får lenger varighet eller skjer oftere dersom en person klarer å forbedre sin tid på 30 meter. En av de store forskjellene mellom sprinttestene og sprint i kamp, er at ved sprint tester får en liten til ingen påvirkning av muskeltrøtthet, mens i kamper som varer i 90 minutter pluss eventuell tilleggstid vil muskeltrøtthet kunne påvirke om en klarer å sprinte, eller hvor lenge en klarer å sprinte. Forskere har sett en negativ endring i sprint og repetert sprintprestasjon hos fotballspillere med tester gjort før og etter kamp (Bendiksen et al., 2012; Krstrup et al., 2006). Resultatene fra denne forskningen viser ikke en klar sammenheng mellom endring i 10- og 30-meter sprint, sammenlignet med HIR og sprint i

kamp. Spiller nummer 3 får en klar positiv endring i 10- (-0,08 s) og 30-metertestene (-0,16 s). Det måles en positiv endring med høyintensitetsløpsdistanse (160 m) og sprint (55 m). Ser en på spiller nummer 7, som får negativ endring på sprinttestene (10 m 0,03s og 30 m 0,07 s), har denne spilleren svært lik framgang på de fysiske prestasjonene HIR og sprint i kamp som spiller nummer 3. Spiller nummer 2 får en positiv endring i de fysiske sprint testene, men ingen endring i noen av de to målte intensitetssonene.

Det kan være vanskelig å si noe om endring i fysisk prestasjon til fotballspillere, selv om en tar i bruk statistiske analyser. For hva er egentlig en betydningsfull endring i fysisk prestasjon når en fotballkamp i stor grad kun handler om resultat når kampen er ferdigspilt? Resultatene fra de fysiske testene viser at Spiller 1 blir kategorisert med den laveste endringen i sprint, med 38 meter mer i gjennomsnitt gjennom oppfølgingsperioden enn i baselineperioden. En fotballbane er mellom 100 og 110 meter lang, og det betyr at 38 meter sprint er kortere enn et løp over halve banen. Standardavviket i oppfølgingsperioden til spiller 1 er på 40 meter, og det er høyere enn endringen spilleren har fra baseline til oppfølgingsperioden. En distanse på 38 meter kan være et balltap med et returløp eller en ballvinning med kontring, og dermed det som gjør at spilleren blir vurdert til en positiv endring i sprintprestasjon i fotballkamp. Siden en sprint i gjennomsnitt er mellom 10- og 30 meter (Vigne et al., 2010), kan det i praksis bety at spilleren utfører tre sprinter mer i løpet av en kamp, men kan også bety at spilleren kan sprinte en lengre distanse. En sprint i kontringen eller returløpet på slutten av en kamp kan bety scoring eller hindre en skåring, noe som kan være avgjørende for resultatet. Men det kan også være at spilleren utfører en sprint uten å bli involvert i spillet, uten betydning for resultatet.

Tanken bak å sammenligne 10 meter sprinttest mot antall akselerasjoner, er den samme som ved topphastighet målt mot sprintdistanse. Hvis en spiller klarer å øke sin akselerasjon, vil spilleren da enklere kunne utføre flere akselerasjoner? En timeter sprinttest forteller noe om akselerasjonen til testpersonen. Raskere akselerasjon betyr nødvendigvis ikke at en spiller kan utføre flere sprinter, noe som er en viktig egenskap i fotball. Det er også viktig å merke seg at akselerasjoner over 2,5 m/s i over 0,5 sek blir utført i gjennomsnitt 27 ± 5 antall ganger per kamp for inkluderte spillerne i oppfølgingsperioden i denne studien. Evnen til å kunne gjenta høyintensive aksjoner vil kunne påvirke resultatet, men dette blir ikke testet i sprinttesten. Her måles kun evnen til å utføre en akselerasjon raskest mulig. I kamper skjer heller ikke alle akselerasjoner stillestående, men noen starter mens spilleren allerede er i bevegelse. Det er heller ikke alltid at alle akselerasjoner skjer med maks intensitet på fotballbanen, hvor

akselerasjonene noen ganger skje mer gradvis (Di Salvo et al., 2010). Dette kan føre til at noen av akselerasjonene som skjer fra bevegelse vil være i høy hastighet fra før av, og at dette da i større grad handler om topphastighet enn evnen til akselerasjon. En ser ingen klar sammenheng i denne studien mellom endring i tid på 10 meter sprint og antall akselerasjoner i fotballkamp, selv om spiller 2 og 3 får en positiv endring i tiden på både 10 meter (-0,03 og -0,08 s) og antall akselerasjoner øker med 4,8 og 7,3 per kamp. En finner også at spiller 5 forbedrer sin tid på timeter sprint (0,07) og øker antall akselerasjoner med 5,3 per kamp. Hva er en betydelig endring for antall akselerasjoner? To akselerasjoner kan skje svært fort etter hverandre, for eksempel hvis en har vært med i en kontring hvor en mister ballen og stopper, snur og akselererer tilbake i forsvar for å forsvare målet sitt. Disse to akselerasjonene kan bli utført uten at en blir involvert i spillet, men kan også være at de blir helt avgjørende for kamputfallet. En kamp som varer 90 min og et standardavvik på fem akselerasjoner per kamp i oppfølgingsperioden vil gi en endring på 2,5 akselerasjoner. En slik endring kan være helt avgjørende for resultatet, eller helt uten betydning for resultatet.

PLTM er en algoritme som forsøker å måle den totale eksterne belastningen av fotballkamper eller treninger. PLTM blir presentert i arbitrary units, og algoritmen er kvadratroten av alle akselerasjoner i de tre aksene. Leggpress power i keisermaksin handler hastigheten og kraft en utøver klarer å produsere i underekstremiteten. Vil dette kunne gjøre at spillere som produserer mer power kan gi mer kraft i aksjonene, noe som igjen vil kunne øke PLTM? Vil en spiller som klarer å produsere mer power i hver aksjon øke PLTM? Sammenhengen er i realiteten ikke så enkel, siden spillere utfører ikke alltid maksaksjoner og leggpress testen tar heller ikke hensyn til trøtthet i muskler, slik som i en hel fotballkamp på 90 min. Resultatene i denne studien viser ingen sammenheng mellom maksimal power leggpress test og PLTM. Spiller 1 får reduksjon i ytelse i leggpress power (-138 w), men en positiv endring i PLTM (0,7 au per/min). Spiller 2 forbedrer seg på begge parametere (169 w og 0,44 au per min), mens spiller 4 får negativ endring i begge (-130w og -1,25 au per/min). Spiller 6 og 8, som begge får reduksjon i leggpress power, får ingen endring i PLTM. Dette kan ha sammenheng med at leggpress test ikke tar høyde for muskeltrøtthet, kampvariasjon og i kamper varierer situasjonene, og spillerne gir ikke alltid maks i alle aksjoner. En målt fremgang i leggpress vil derfor ikke nødvendigvis gi fremgang i variabelen PLTM i fotballkamper.

Maksimal power i Leggpress Keisermaskin utføres ved å dytte motstanden raskest mulig, altså kraft ganger hastighet blir utregnet til power. Det kreves mye kraft for å utføre en akselerasjon,

nedbremsing eller retningsforandring over 2,5 m/s. For å utføre en av disse aksjonene over 2,5 m/s, må kraften også skje med hastighet, og derfor kan power muligens være en god metode for å se etter sammenheng mellom endring i fysiske tester og fysisk prestasjon i kamp. I denne oppgaven er formålet å undersøke om evnen av å produsere power i underekstremiteten har sammenheng med HIE, akselerasjoner, nedbremsinger og retningsforandringer. Bruk av leggpresstesten tar i liten grad høyde for trøtthet i musklene som kan komme utover i en fotballkamp. I fotballkamp veksler det mellom høy og lav intensitet, noe som gir mulighet for restitusjon. Utover i en kamp vil det kunne dannes stoff av muskeltrøtthet i musklene, ofte knyttet opp mot en kombinasjon av dehydrering, glykogen uttømming og muskelskade (Nédélec et al., 2012). Det har blitt vist at muskeltrøtthet kan senke prestasjonen på sprint og repetert sprint, men muskeltrøtthet er i liten grad sett opp mot akselerasjoner, nedbremsinger og retningsforandringer, og om det vil kunne ha en negativ effekt på evnen til å utføre eksplosive aksjoner. Det har også blitt vist at akselerasjoner, nedbremsinger og retningsforandringer kan være mer energikrevende enn lineær løping i høyere hastighet (Zamparo et al., 2015). Spørsmålet blir om en positiv endring i power i underekstremiteten kan forbedre evnen til å gjøre flere høyintensive aksjoner under kamp, samt i underkategoriene akselerasjoner, oppbremsinger og retningsforandringer. Forbedret power vil kunne gi evne til å skape høyere akselerasjoner, oppbremsinger og retningsforandringer. I fotballkamper er det slik at ikke alle oppbremsinger og akselerasjoner skjer med maksimal power. Osgnach et al. (2010) har sett at det de definerer som maksimale akselerasjoner og oppbremsinger (> 3 m/s og < -3 m/s) skjer i en distanse på ca. 180 og 190 meter. De definerer høy akselerasjon og oppbremsing (2 til 3 og -3 til -2 m/s) som en distanse på ca. 410 meter. Keiser leggpresstesten tar heller ikke høyde for at disse høyintensive aksjonene er fysisk krevende (Zamparo et al., 2015). Det at testen blir gjort sittende i keisermaskin, vil det kunne føre til at den maksimale power fra beina ikke vil være lik når en gjør disse aksjonene i kamp, og at musklene derfor brukes ulikt. Hvor fort musklene klarer å utvikle kraft kan også påvirke resultatet, siden spilleren i leggpresstesten kan øke kraften som hen klarer å produsere, mens hastigheten av kraften som blir produsert blir vedlikeholdt eller er langsommere. Dette kan medføre at spillerne ikke rekker å produsere kraften raskt nok. Cross et al. (2014) viste at i akselerasjonsfasen av en sprint, er beina i bakken i 222 ± 18 millisekunder. I maks sprint er beina i bakken 169 ± 8 millisekunder. Alle retningsforandringer eller akselerasjoner starter ikke alltid stillestående, og det viser at hvor raskt kraftproduksjonen skjer i musklene også vil kunne spille inn. Når en ser på resultatene ser en heller ingen sammenheng, selv om kun én spiller (2) får fremgang i leggpresstesten power (169 w) og HIE 19,4 aksjoner flere i kamp. Spiller 8 får en reduksjon i begge øvelser (-100 w og -

18,4 aksjoner per kamp), mens spiller 6 får reduksjon i leggpress power (-119 w) og forbedring i HIE (45,7) på aksjoner per kamp. Spiller 1 og 4 får reduksjon i leggpress power og ingen endring i HIE-aksjoner per kamp.

4.2 Metodisk diskusjon

Studiedesignet, kohortstudie, har både styrker og svakheter, og noen faktorer en må være oppmerksom på. Dette vil bli diskutert i dette kapittelet, der intervensjonsperioden, deltakerne og konfunderende faktorer blir drøftet.

Intervensjonsperioden for styrketrening ble delvis kortere enn planlagt av flere grunner. En grunn var et mer kompakt kampprogram, der kampene startet cirka én og en halv måned seinere enn i en normal sesong, og sluttet som en normal sesong. Det ble altså en mer intensiv sesong med mindre tid til å få gjennomført styrkeintervensjonen. Styrkeintervensjonen ble også cirka fire uker kortere enn planlagt, på grunn av at flere av spillerne byttet klubb tidlig på høsten. Derfor måtte pretest gjøres på nytt etter overgangsvinduet stengte 1. september, for å få med de nye spillerne. I norsk toppfotball har lagene i en normal sesong en sommerpause på rundt én til to måneder fra seriekamper, noe som gir en relativt kort forberedelsesperiode. Styrkeintervensjon fra hovedstudien kunne derfor ikke vært særlig mye lenger, siden perioden ikke ville ha vært i sesong, noe som var hovedpoenget. Baselineperioden og oppfølgingsperioden ble dermed korte, med kun fem inkluderte kamper. Grunnen til dette var at de fysiske endringene, som kom gjennom styrketreningintervensjon ikke skulle komme med inn i fysisk prestasjon fra kamp i baselineperioden hvis det er sammenheng mellom tester og fysisk prestasjon i kamp. Derfor ble også oppfølgingsperioden kun de siste fem kampene for at endringene som kom gjennom styrkeintervensjonen kommer med i fysisk prestasjon i kamp, hvis det er en sammenheng og ikke kampene i midten hvor bare deler av intervensjonen er gjennomført.

En svakhet med intervensjon er at det kun den totale distansen av HIR og sprint ble for å bestemme antall sett spillerne deltok i den autoregulerte gruppen skulle gjennomføre under styrkeøkten. Løpsdistanse av HIR og sprint bli påvirket av posisjoner (Bradley et al., 2010; Dalen et al., 2016; Mohr et al., 2003; Rampinini et al., 2007). Dette medfører at spillere i noen posisjoner ofte spillere bredt i banen naturlig vil løpe en lengre distanse i HIR og sprint, og derfor ofte trene med et mindre volum innenfor styrketrening. Selv om Hader et al. (2019) fant

en relevant sammenheng mellom HIR distanse og muskeltrøtthet etter kamp, det er også flere andre variabler som kunne blitt tatt med i betraktning for å bestemme antall sett i styrketreningen. Zamparo et al. (2015) har sett at lavere hastighet med akselerasjoner, nedbremsinger og retningsforandringer kan være mer energikrevende enn høyere hastighet på lineær sprint. Dette kan bety at hvis spillere utfører mange HIE-aksjoner blir mange av disse ikke registret i HIR. Disse HIE aksjonene kan være energikrevende, og spillerens belastning kan bli registret lavere enn den ville blitt gjort med andre målemetoder og kan derfor hende noen spillere trener styrketrening med et høyt volum selv om spillere har utført mye energikrevende arbeid. Ved å bruke HIR, får en kun et mål på treningsbelastningen, men tar ingen høyde for restitusjon, søvn, kosthold og eventuelle familiære hendelser som kan påvirke kroppens evne til å trene.

Datainnsamlingen ble utført høsten 2021, og dette førte til at studien ble påvirket av koronapandemien. Pandemien medførte at sesongen ble komprimert, med et tettere kampprogram. I Norge pleier lag ofte å spille en kamp i uken, men med kortere tid kom kampene tettere enn det. Dette gjorde at spillerne i studien fikk ~1 styrketrening i uken, noe som tidligere har vist å kun opprettholde styrken (Rønnestad et al., 2011; Silva et al., 2015). Målet i studien var å ha ~2 økter i uken, som er den generelle anbefalingen for å forbedre styrken (Beato et al., 2021; McQuilliam et al., 2022). Antall styrkeøkter måtte vike for at spillerne kunne prestere best mulig i kamper, noe som ble ansett som viktigere for lagets del. Som tidligere vist er tid en utfordring med tanke på intervensjoner i sesong (McQuilliam et al., 2022; Rønnestad et al., 2011; Silva et al., 2015). Selv med ~1 styrkeøkt i uken klarte to spillere å bli kategorisert med positiv fremgang på fire eller flere fysiske tester, og en spiller klarte å bli kategorisert med forbedring på to tester, men ble kategorisert med negativ endring på en test. Fire spillere endte opp med å bli kategorisert med tilbakegang på en eller flere fysiske tester, og en spiller ble kategorisert med vedlikehold på alle testene. Det kan være vanskelig å få gjennomført studier på toppidrettslag/-utøvere som er opptatt av prestasjon i konkurranser. De vil ofte ta større hensyn til å optimalisere sin prestasjon mot konkurranse, enn å følge en intervensjon til punkt og prikke.

Det ble et svært lite utvalg deltagere (n=8) i studien, noe som er en svakhet. Dette har sammenheng med faktorer som var vanskelig å påvirke, som påvirkning på grunn av koronapandemien, mens andre deler er i større grad som forventet, som at det kun er ti spillere som kan starte en kamp. Pandemien medførte at spillere fra rekruttlaget/andrelaget, som spiller i 3. divisjon, ikke kunne delta. Med disse utøverne på plass ville studien kunne inkludert omtrent

dobbelt så mange deltakere, noe som ville styrket validiteten. Noen av de mer naturlige og forventede grunnene, er at kun ti utespillere kan starte en kamp. Grensen på 60 minutter er satt med bakgrunn i at det er rundt den tiden ofte bytter pleier å skje. Det er verdt å legge merke til at forskning viser at innbyttere har 25% mer høyintensløping (kategorisert 18 til 30 km/t i den artikkelen) de siste 15 minuttene av kampen enn spillere som startet kampen (Mohr et al., 2003). Det var også spillere som ble skadet eller av taktiske årsaker fra trenerens perspektiv ikke spilte like mye, noe som medførte at noen spillere ikke fikk nok kamper i pre- eller postperioden til å kunne bli inkludert i studien. I studien er det ikke fanget opp data om årsaken til at enkelte spillere ble ekskludert fra kamp på grunn av dårlig fysisk form, noe som også ville kunne påvirke den fysiske prestasjonen. Grunnene til at ikke alle spillerne fikk nok spilletid, er ikke kjent i denne studien.

Testprosedyren var identisk for spillerne ved begge de to testdagene og øvelsene ble gjennomført i samme rekkefølge. Også tidspunktet på testdagen var tilnærmet lik, hvor kun én spiller hadde over en time fra startpunkt mellom pre- og posttest. Lindberg et al. (2022) har vist høy reliabilitet på de fysiske testene med lav TE og TE% på 10 meter (-0,03s og 1,9%), 30 meter (-0,05s og -1,3%), topphastighet (0,18 m/s og 2,2%), svikthopp (1,7cm og 4,6%) og keiser leggpress (71w og 4,4%). Testene krever lite innlært teknikk for å kunne delta, men for noen spillere vil det kunne være første gang de møter noen av øvelsene. Øving på testene vil trolig bedre reliabiliteten, særlig der hvor testene er en del av klubbens testprotokoll. Spillerne fikk også trene med én til to repetisjoner på alle øvelsene før testene ble startet. Det er ingen komplisert start på hurtighetstesten, men det som kan skille hurtighetstestene fra hverandre, er at biomekanikken mellom hurtighetstesten og sprint målt i den fysiske prestasjonen i kamp er ulik. Sprinttestene blir utført samme sted, samme testprotokoll og samme utstyr, og Haugen et al. (2012) har vist viktigheten av samme protokoll og testutstyr, grunnet sprinttest kan variere opp til 0,7 sek ved bruk av ulike startmetoder og testutstyr. Svikthopptesten er også en lite teknisk øvelse og enkel å gjennomføre, og det er derfor få feilmålinger som kan påvirke testen. Kraftplaten gjør at personen ikke trenger å lande med strake bein eller på helene, slik som mange andre tester krever for å oppnå et valid resultat. Det som kan skille selve testen fra hoppene som blir utført på fotballbanen, er at spillerne ofte har litt fart før de hopper opp, og at en får bruke svingbevegelsen i armene når en hopper og ikke må holde rundt hoften. Leggpress i Keisermaskin krever lite til ingen teknikk for å utføre, det handler kun om å presse maksimalt med beina hver gang. Med lav terskel rent teknisk, skyldes fremgang eller tilbakegang i liten grad at teknikken har endret seg, slik som i mange andre styrkeøvelser, som knebøy eller

frivendinger. Legg press testen er standardisert og pausene mellom hver repetisjon er lik. Den største feilmarginen i testen er trolig sitteposisjonen, som skal utføres slik at testpersonene sitter med 90 graders vinkel i kneleddet (femur og fibula). Sannsynligheten for at en kan bomme med noen få grader er til stede, men sitteposisjonen ble notert fra pretest. Dette førte til at testpersonen satt i samme posisjon og fikk samme vinkel i kneleddet i posttesten. Siden leggpresstesten blir analysert individuelt for hver utøver og ikke i gruppe, er det viktigere at hver spiller har samme sitteposisjon med samme vinkel i kneleddet ved begge testene, enn at det skiller noen grader i kneleddet mellom deltagerne.

SWC for de fysiske testene ble utregnet fra alle 16 spillerne som gjennomførte hele styrkeintervensjonen. Dette ble gjort for å få et større og mer representativt utvalg. Et større antall vil styrke SWC, og en kan med større sikkerhet si hva som er en den minste endringen i et resultat, og hva som faktisk er en forbedring. Det er gjort en del forskning som viser at det er mange ulike faktorer som kan påvirke fysisk prestasjon i fotballkamper. Men det er gjort lite forskning på hvor mange kamper som bør inkluderes for å få med kamp-til-kampvariasjonen for å få et valid resultat. I denne studien er antallet kamper satt til fem kamper, men én spiller har kun fire kamper til den individuelle CV. Bakgrunnen til dette er for å prøve å ta høyde for kamp-til-kampvariasjonene. Av de 13 spillerne som blir inkludert i SWC har fire spillere kun fire kamper. Har ble det tatt en beslutning om å ta dem med i utvalget, for å få et større utvalg, styrke SWC og få flere datapunkter.

Etter det jeg har funnet er det forsket lite på kamp-til-kamp variasjonen i fotball, bortsett fra Gregson et al. (2010) og Carling et al. (2016). Det er som nevnt svært mange faktorer som påvirker den fysiske kampprestasjonen. Noen av påvirkningsfaktorer er motstanders nivå, resultat, taktikk og posisjon. Med mange forskjellige faktorer og lite forskning er det ikke sikkert en kan hente CV fra andre studier, siden studiene kan være utført i ulike ligaer, på ulike nivå eller med ulik kamptaktikk. Noen forskere har analysert kamper og foreslått at spillere kan regulere sin fysiske innsats etter ulike kamper, spesifikke krav eller ulike perioder av kamper (Carling et al., 2008; Rampinini et al., 2007). Denne teorien vil kunne føre til at en spiller vil kunne øke eller begrense sin fysiske prestasjon etter hva som kreves i kampen, situasjonen eller i forhold til ulike spesifikke krav. Dette kan igjen bety at motstanders nivå, hvordan kampen utvikler seg resultatmessig, utvisninger underveis i kampene eller bytter i lagene eller posisjon på banen, kan være faktorer som vil kunne påvirke de ulike spillernes fysiske prestasjon i kamp. Alle fotballkampene som har blitt inkludert, eller brukt til analyse, har blitt spilt på kunstgress.

Grunnen til dette er at kamper på naturgress tidlig eller seint i sesongen (siste inkluderte kamp 27. november) ikke alltid er i en optimal forfatning. Dette kan igjen påvirke den fysiske prestasjonen. Det er altså flere faktorer som påvirker de fysiske prestasjonene på banen, og dette betyr at det er høy kamp-til-kamp-variasjon i de fysiske prestasjonene på banen. Det kan komplisere observasjoner og målinger i kamp, og det kan være vanskelig å si om en finner en forskjell fra kampene, eller om det kun dreier seg om kamp-til-kampvariasjon. Hvor mange kamper en trenger i hver periode for å kunne finne et gjennomsnitt og en endring som er valid, kan derfor være vanskelig å konkretisere.

CV blir laget for å sjekke fysisk prestasjon i kamp, og i denne studien ble den laget individuelt. Hovedgrunnen til dette var at spillere har forskjellig kamp-til-kampvariasjon, hvor posisjonen til spilleren på banen vil kunne påvirke CV (Gregson et al., 2010). Derfor vil en felles CV til alle spillerne ikke være helt nøyaktig. En annen grunn til at det ble laget individuell CV, er at en ikke har mange datapunkter, eller kamper, og noen av spillerne i studien (1, 2, 5 og 7) kan ha byttet noe på posisjonene (bredt og sentralt i banen). Flere forskere har vist at posisjonen på banen påvirker sprintlengden, HIR, HIE, akselerasjoner, nedbremsinger og retningsforandringer (Baptista et al., 2018; Dalen et al., 2016; Di Salvo et al., 2007; Ingebrigtsen et al., 2015; Mohr et al., 2003; Rampinini et al., 2007). Gregson et al. (2010) er en av få som har sett på kamp-til-kampvariasjoner i fotball for HIR og sprint. Her ble det brukt to forskjellige CV-er; en CV for tre sesonger og en kortidsperiode-CV hvor det ble inkludert fire eller fem kamper for hver spiller. Kamp-til-kamp-variasjonen er naturlig større i kortidsperioden (HIR 22% og sprint 38,9%) enn den er på tre sesonger (HIR 16,2% og sprint 30,8%). Ved og se på den individuelle CV fra denne studien, ser en stor variasjon på spillerne i både HIR (laveste 10,6% og høyeste 29%) og sprint (laveste 23,1% og høyeste 59,5%). En kan se at noen av CV-ene har høyere verdi, mens enkelte har lavere sammenlignet med funn hos Gregson et al. (2010). Hvis en hadde brukt CV hentet fra kortidsperioden til Gregson et al. (2010), ville spiller 7 ikke blitt kategorisert med positiv endring i HIR, og spillerne 5 og 8 ville ikke blitt kategorisert med endring i sprint.

Det er flere konfunderende faktorer som kan påvirke den fysiske prestasjonen i kamper, og det er gjort flere studier som har sett på flere faktorer som vil påvirke den fysiske prestasjonen. Noen av disse faktorene er prøvd og ta høyde for i denne studien, men med få deltagere og få fotballkamper har det vært vanskelig og ta høyde for alle. Det som gjør det komplisert, er at mange faktorer vil påvirke hverandre, og ulike studier bruker ulike sporingssystem, noe som

også kan gi en forskjell. En vet derfor om mange ulike bakenforliggende faktorer og kan prøve å ta høyde for noen av disse, men flere av faktorene vil påvirke resultatene i ulik grad, og nøyaktig hvor mye disse påvirker, er vanskelig å si. Rampinini et al. (2007) har sett at nivået på motstanderen også kan påvirke den totale distansen og høyintensitetsløping i kamp. Spillere løper mer og med høyere intensitet mot såkalt «bedre lag» enn mot «dårligere lag». Castellano et al. (2011) finner lignende resultat, hvor spillernes løpsdistanse og intensitet ble målt i den effektive spilletiden, altså når ballen er i spill, og ikke alle stoppene som ved frispark, skader eller når ballen har gått ut av spill. Den totale distansen ble høyere når en møtte bedre motstand; hard 4032 meter, moderat 3938 meter og lett 3736 meter. Kritikken mot å klassifisere nivå på motstander med denne metoden, er at formen til motstanderlaget varierer i løpet av en sesong, og derfor kan en møte et lag på et tidspunkt som er høyere eller lavere klassifisert enn det blir når en bruker resultatet av tabellen på slutten av sesongen. Det var også noe forskjell i motstanden som ble møtt i pre- og postperioden, der motstanden i baselineperioden (3 H, 1 M, 1 L) blir kategorisert som hardere enn motstanden i oppfølgingsperioden (1 H, 2 M, 2 L). Dette kan sammenstilles med funnene fra tidligere forskning, der hardere motstand kan føre til at den totale distansen og meter i de ulike høyintensitetssonene blir høyere. Dersom laget hadde møtt like hard motstand i baselineperioden, vil dette kunne ha gjort at meter per minutt, høyintensitetsløpsdistanse og sprintdistansen kunne vært høyere enn vist i tidligere forskning.

Forskere har sett at resultatene reflekterer laget og spillernes taktikk, der lag som leder ofte har en mer defensiv strategi enn lag som ligger an til å tape (Lago & Martín, 2007). Dette gjør at lag som leder ofte plasserer seg nærmere eget mål med god struktur, for å prøve å hindre motstanderne i å skåre. Lag som ligger under prøver oftere å presse høyere for enten å vinne ballen eller prøve å løpe seg fri for å kunne skåre. Lag som leder har «bedre tid» enn lag som taper, hvor tiden alltid går ekstra fort når kampen nærmer seg slutten. Laget som leder prøver derimot ofte å dra ned tempoet i kampen for å vinne. Dette kan være en grunn til at forskere har funnet at lag som vinner utfører signifikant mindre høyintensiv aktivitet enn et lag som taper (Castellano et al., 2011; Lago et al., 2010). Lago et al. (2010) fant at når lag vinner, går og jogger spillere 2,1 meter (0 – 11 km/t) mer i minuttet enn når de taper. Lag som taper tilbakelegger 1,7 meter mer i minuttet (14 – 19 km/t) og, rundt én meter mer i minuttet i sonene 19,1–23 og > 23 km/t. Dupont et al. (2010) fant kun forskjell på høyintensitetsløping på vinnende lag i forhold til tapende lag, men ellers ingen forskjell i total distanse, sprintdistanse eller antall sprinter. Det laget som tapte løper mer høyintensitetsløping, og forskjellen skjedde i andre omgang, mens det i første omgang var ingen forskjell mellom taper- og vinnerlaget.

Resultatene i pre- og postperioden, hvor kampdata ble innhentet (pre; 1 S >2 mål, 2 U og 2 tap, post; S >2 mål, 1 S, 2 U og 1 T), viser til ganske like resultat. Den eneste forskjellen er en S mer i pre- mot en T i postperioden. Funnene i disse tidligere studiene kan bety at distansen med HIR og sprintdistanse i preperioden er høyere, siden laget tapte en kamp mer i preperioden. Dette har blitt vist å kunne øke høyintensitetsløpsdistanse og sprintdistanse. Variabelen meter per minutt kan være noe høyere i postperioden enn i preperioden grunnet at det ble en seier mer i preperioden. Dette kan ha medvirket til at den totale distansen øker. Det ble ingen røde kort i noen av kampene, noe som ble inkludert i studien, og som kunne hatt en stor påvirkning på den fysiske prestasjonen i kamper. En kritikk mot å kategorisere resultatet etter sluttresultat, er at mål i kamper kan bli skåret tidlig, seint eller det kan komme flere raske mål etter hverandre. Derfor kan et lag som har ledet nesten hele kampen bli kategorisert som tap hvis de slipper inn to mål på overtid og taper 2–1. Som et svar på dette, ble åtte av de ti inkluderte kampene kategorisert uten mål mot kampslutt som endret kategorisering fra tap til seier eller seier til tap. I to av de inkluderte kampene en i baselineperioden (slipper inn mål i 73 og 76 min) og for oppfølgingsperiode (slipper inn mål i 71 og 84 min) hvor kampene får endret kategorisering mot slutten og en kan vurdere at kampene muligens har blitt kategorisert feil.

Rampinini et al. (2007) skriver at spillestil, form og taktikk kan være med på å øke kamp-til-kamp-variasjoner. En svakhet ved denne studien, som kan ha påvirket resultatet, var at klubben byttet trener rundt to måneder før intervensjonen startet. Dette gjør at spillerne trengte tid for å bli kjent med taktikk og mulige uvante posisjoner. Spillere kan ha spilt i flere ulike posisjoner gjennom intervensjonen, men på grunn av få kamper, kort studieperiode og få deltagere er det ikke nok data til å kunne skille spillere hvis de har spilt i ulike posisjoner. Det finnes flere studier som viser at aktivitetsprofilen til spillere endres ut fra posisjon på banen (Dalen et al., 2016; Mohr et al., 2003; Rampinini et al., 2007), samt at en formasjonsendring også kan ha en betydning (Bradley et al., 2011). I store deler av perioden på 15 uker ble formasjonen 4-3-3 brukt, men noen spillere ble benyttet i ulike posisjoner. Ulike posisjoner på banen har ulike krav av de fysiske ferdighetene, i form av HIR og sprint (Bradley et al., 2010; Dalen et al., 2016; Ingebrigtsen et al., 2015; Mohr et al., 2003), akselerasjoner (Ingebrigtsen et al., 2015), nedbremsinger (Baptista et al., 2018) og PLTM (Dalen et al., 2016). Dette kan ha påvirket den fysiske prestasjonen i flere av de ulike målte parameterne.

Studier viser at elitespillere løper lengre og i større grad i høyintensitetssonene i første omgang enn andre omgang (Bradley et al., 2010; Ingebrigtsen et al., 2015; Mohr et al., 2003). Det vil

kunne føre til at spillere som blir byttet ut vil ha en høyere distanse i meter/min eller i HIR og sprint når dette blir regnet ut til en full kamp (90 minutter, (distanse delt på spilletid gange 90)), enn spillere som spiller hele kampen. På den andre siden finner Di Salvo et al. (2007) ikke resultat som støtter dette. Rampinini et al. (2007) har også sett på forskjeller mellom total distanse og løping i intensitetssoner ($> 14,4$ km/t og $> 19,8$ km/t). Han finner at de spillerne som løper lengst av total distanse og de ulike sonene får en reduksjon i ytelse i andre omgang, mens spillerne som løper kortest total distanse og kortest i de ulike intensitetssonene i første omgang, ikke får en slik reduksjon. Dette viser at den totale distansen og løping i ulike intensitetssoner kan variere fra første til andre omgang, og det er vanskelig å ta høyde for dette med spillere som blir byttet ut. Dalen et al. (2016) viser til 5% høyere PL^{TM} i første enn i andre omgang, og får støtte av Reche-Soto et al. (2019). Dette kan føre til at spillere som blir byttet ut får en litt høyere PL^{TM} per minutt enn hvis spilleren hadde spilt hele kampen, men dette har det ikke blitt tatt hensyn til her på grunn av smalt utvalg av kamper. Rampinini et al. (2007) har funnet at den totale distansen for elitespillere er høyere på slutten av sesongen enn i starten. For intensitetssonene $>14,4$ og $>19,8$ var dette også høyest på slutten av sesongen, høyere enn både i starten og midt i sesongen. Tar en dette i betraktning mot resultatet for HIR (19,8–25,2), skal HIR naturlig være noe høyere i oppfølgingsperioden, siden denne perioden er på slutten av sesongen, mens baseline er i midten av sesongen.

Dupont et al. (2010) skriver at en kan forvente en redusert fysisk prestasjon av total distanse, høy intensitetsløping, sprintdistanse eller antall sprinter i fotballkamper ved å spille to kamper med mindre en 96 timer mellomrom. Dette støttes i Mohr et al. (2016) i sin artikkel, der utøverne spilte tre kamper på en uke (søndag 1; onsdag 2; søndag; 3). Testresultatene viste at distansen med høyintensitetsløp var 7–14% lavere i kampdag to, med tre dagers restitusjon enn kampdag én og tre. Evnen til repetert sprint falt med 2–9% i kamp nummer to med kun tre dagers restitusjon, enn kampdag én og tre som hadde flere dager med restitusjon. I artikkelen til Dupont et al. (2010) ble det ikke funnet noen forskjell mellom fysisk prestasjon med én kamp i uken eller to kamper på fire dager (tre dagers restitusjon) for elitefotballspillere for et lag fra Skottland. Disse spillerne ble målt etter total distanse, høyintensitetsløping, sprintdistanse og antall sprinter. Dette betyr at antall dager med restitusjon mellom kamper kan påvirke fysisk prestasjon, men vil ikke påvirke alle fotballspillere. Grunnen til dette er at det i preperioden er to kamper med tre dagers mellomrom, mens det i postperioden kun er én kamp med kun to dagers mellomrom. Ellers har alle kampene fem eller flere dagers mellomrom.

4.3 Implikasjoner for praksis og videre forskning

Fotballspillere trener ofte underkstremiteten ved hjelp av styrketrening og måler sin fysiske kapasitet gjennom isolerte fysiske tester. Med få inkluderte deltagere og fotballkamper vil det være vanskelig å konkludere og generalisere funnene i denne studien, men hovedfunnene viser tendenser til at det er lav sammenheng mellom endring i isolerte fysiske eksplosive tester i laboratorium og den fysiske endringen i prestasjon på en fotballbane. Dette leder mot en konklusjon om at små forbedringer i isolerte fysiske eksplosive tester ikke betyr at en får samme endring i fysisk prestasjon på fotballbanen. Bakgrunnen til disse resultatene kan henge sammen med at testene ikke måler nøyaktig de samme ferdighetene, eller at alle de konfunderende faktorene i fotballkamper som påvirke den fysiske prestasjonen i kamp spiller inn. Dette betyr ikke at fotballspillere ikke skal trene styrketrening, for det har blitt vist å kunne ha en skadeforebyggende effekt. Dessuten har styrketrening vist å kunne forbedre spillerens fysiske ferdigheter, men en kan ikke si at en spiller som viser forbedring på én isolert fysisk test vil bety at en forbedrer sin fysiske prestasjon på fotballbanen, basert på resultatene i denne studien.

Selv om forskning på prestasjon blant toppidrettsutøvere kan være vanskelig, bruker spillere allerede i dag monitoreringssystem. Utfordringen kan være å få gjennomført tester med en valid og lik testprosedyre i sesong med profesjonelle fotballspillere, som kan ha flere kamper i uken. Fremtidige prosjekter bør undersøke dette med større utvalg og se på andre type tester om en kan finne sammenhenger. Det andre som bør undersøkes videre, er kamp-til-kampvariasjoner. Altså hvor mange kamper som bør bli inkludert for å kunne få et gjennomsnitt, og hvor mange kamper som bør inkluderes i for hver enkelt spiller for å lage kamp-til-kamp-variasjon. Dette er data som mange fotballag allerede har tilgjengelig.

5 Konklusjon

Sterkere, raskere, bedre? Når en ser på tidligere forskning kan det se ut til at en hypotese har vært at dersom en blir sterkere i underekstremitetene og forbedrer seg på isolerte hurtighetstester, vil dette forbedre de fysiske ferdighetene som fotballspiller utfører i kamp. Forskere har vist viktigheten av sprintferdighetene for fotballspillere, men gir en forbedring i underekstremitet styrke eller hurtighetstest forbedringer på den fysiske prestasjonen på fotballbanen?

Med et lite utvalg av profesjonelle fotballspillere (n=8) vil det være vanskelig å generalisere og konkludere, men basert på dette utvalget kan det se ut til at det er liten sammenheng mellom endring i 10-, 30-meter sprint, topphastighet, svikthopp og leggpresstester i laboratorium og endringer i fysisk prestasjon ved sprint, topphastighet, PlayerLoad™, akselerasjoner, nedbremsinger og retningsforandringer i fotballkamper. Dette betyr at en endring i en isolert eksplosiv fysisk test gjennomført i laboratorium ikke nødvendigvis vil forbedre den fysiske prestasjonen til profesjonelle fotballspillere i kamp. Det kan være flere grunner til disse resultatene, blant annet at testene og fysisk prestasjon ikke måler nøyaktig de samme ferdighetene, eller har helt like krav for prestasjon. Ikke minst sier studien noe om at fotball er en svært kompleks idrett der ingen kamper er like. Derfor vil den fysiske prestasjonen også naturlig kunne variere noe fra kamp til kamp.

Referanser:

- Al Attar, W. S. A., Soomro, N., Sinclair, P. J., Pappas, E. & Sanders, R. H. (2017). Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*, 47(5), 907-916. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0638-2>
- Ali, A. (2011). Measuring soccer skill performance: a review. *Scand J Med Sci Sports*, 21(2), 170-183. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01256.x>
- Banyard, H. G., Tufano, J. J., Delgado, J., Thompson, S. W. & Nosaka, K. (2019). Comparison of the Effects of Velocity-Based Training Methods and Traditional 1RM-Percent-Based Training Prescription on Acute Kinetic and Kinematic Variables. *Int J Sports Physiol Perform*, 14(2), 246-255. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0147>
- Baptista, I., Johansen, D., Seabra, A. & Pettersen, S. A. (2018). Position specific player load during match-play in a professional football club. *PLoS One*, 13(5), e0198115. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198115>
- Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M. & Bradley, P. S. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *Int J Sports Med*, 35(13), 1095-1100. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1375695>
- Bartolomei, S., Hoffman, J. R., Merni, F. & Stout, J. R. (2014). A comparison of traditional and block periodized strength training programs in trained athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 28(4), 990-997. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000366>
- Beato, M., Maroto-Izquierdo, S., Turner, A. N. & Bishop, C. (2021). Implementing Strength Training Strategies for Injury Prevention in Soccer: Scientific Rationale and Methodological Recommendations. *Int J Sports Physiol Perform*, 16(3), 456-461. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0862>
- Behm, D. G. (1995). Neuromuscular Implications and Applications of Resistance Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 9(4), 264-274. https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/1995/11000/Neuromuscular_Implications_and_Applications_of.14.aspx
- Bendiksen, M., Bischoff, R., Randers, M. B., Mohr, M., Rollo, I., Suetta, C., Bangsbo, J. & Krstrup, P. (2012). The Copenhagen Soccer Test: physiological response and fatigue development. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(8), 1595-1603. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31824cc23b>
- Bengtsson, H., Ekstrand, J. & Hagglund, M. (2013). Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *British journal of sports medicine*, 47(12), 743-747. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092383>
- Bergo, A., Johansen, P. A., Larsen, Ø. & Morisbak, A. (2002). *Ferdighetsutvikling i fotball - handlingsvalg og handling*. Oslo: Skilles.
- Boraczyński, M., Boraczyński, T., Podstawski, R., Wójcik, Z. & Gronek, P. (2020). Relationships Between Measures of Functional and Isometric Lower Body Strength, Aerobic Capacity, Anaerobic Power, Sprint and Countermovement Jump Performance in Professional Soccer Players. *J Hum Kinet*, 75, 161-175. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0045>
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W. & Cable, N. T. (2017). Monitoring Athlete

- Training Loads: Consensus Statement. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(Suppl 2), S2161-S2170. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2017-0208>
- Bradley, P. S., Carling, C., Archer, D., Roberts, J., Dodds, A., Di Mascio, M., Paul, D., Diaz, A. G., Peart, D. & Krustup, P. (2011). The effect of playing formation on high-intensity running and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *J Sports Sci*, 29(8), 821-830. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.561868>
- Bradley, P. S., Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P. & Sheldon, B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *Journal of strength and conditioning research*, 24(9), 2343-2351. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb1b3>
- 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(2), 159-168. <https://doi.org/10.1080/02640410802512775>
- Caldbeck, P. & Dos'Santos, T. (2023). How do soccer players sprint from a tactical context? Observations of an English Premier League soccer team. *J Sports Sci*, 1-12. <https://doi.org/10.1080/02640414.2023.2183605>
- Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L. & Reilly, T. (2008). The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Med*, 38(10), 839-862. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838100-00004>
- Carling, C., Bradley, P., McCall, A. & Dupont, G. (2016). Match-to-match variability in high-speed running activity in a professional soccer team. *J Sports Sci*, 34(24), 2215-2223. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1176228>
- Carling, C., Wright, C., Nelson, L. J. & Bradley, P. S. (2014). Comment on 'Performance analysis in football: A critical review and implications for future research'. *Journal of Sports Sciences*, 32(1), 2-7. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.807352>
- Castellano, J., Blanco-Villaseñor, A. & Alvarez, D. (2011). Contextual variables and time-motion analysis in soccer. *Int J Sports Med*, 32(6), 415-421. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1271771>
- Castellano, J., Casamichana, D. & Lago, C. (2012). The Use of Match Statistics that Discriminate Between Successful and Unsuccessful Soccer Teams. *Journal of Human Kinetics*, 31(2012), 137-147. <https://doi.org/doi:10.2478/v10078-012-0015-7>
- Chelly, M. S., Fathloun, M., Cherif, N., Ben Amar, M., Tabka, Z. & Van Praagh, E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 23(8), 2241-2249. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b86c40>
- Clavel, P., Leduc, C., Morin, J.-B., Owen, C., Samozino, P., Peeters, A., Buchheit, M. & Lacombe, M. (2022). Concurrent Validity and Reliability of Sprinting Force–Velocity Profile Assessed With GPS Devices in Elite Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(10), 1527-1531. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2021-0339>
- Collet, C. (2013). The possession game? A comparative analysis of ball retention and team success in European and international football, 2007-2010. *J Sports Sci*, 31(2), 123-136. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.727455>
- Cormie, P., McGuigan, M. R. & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: part 2 - training considerations for improving maximal power production. *Sports Med*, 41(2), 125-146. <https://doi.org/10.2165/11538500-000000000-00000>

- Correia, V., Araújo, D., Vilar, L. & Davids, K. (2013). From recording discrete actions to studying continuous goal-directed behaviours in team sports. *J Sports Sci*, 31(5), 546-553. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.738926>
- Coutts, A. J. & Duffield, R. (2010). Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *J Sci Med Sport*, 13(1), 133-135. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.09.015>
- Crewther, B. T., Kilduff, L. P., Cunningham, D. J., Cook, C., Owen, N. & Yang, G. Z. (2011). Validating two systems for estimating force and power. *Int J Sports Med*, 32(4), 254-258. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1270487>
- Cross, M. R., Brughelli, M. E. & Cronin, J. B. (2014). Effects of Vest Loading on Sprint Kinetics and Kinematics. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(7), 1867-1874. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000354>
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H. T. & West, C. (2013). Global Positioning Systems (GPS) and Microtechnology Sensors in Team Sports: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 43, 1025-1042.
- Dalen, T., Aune, T. K., Hjelde, G. H., Ettema, G., Sandbakk, Ø. & McGhie, D. (2020). Player load in male elite soccer: Comparisons of patterns between matches and positions. *PLoS One*, 15(9), e0239162. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239162>
- Dalen, T., Ingebrigtsen, J., Ettema, G., Hjelde, G. H. & Wisløff, U. (2016). Player Load, Acceleration, and Deceleration During Forty-Five Competitive Matches of Elite Soccer. *Journal of strength and conditioning research*, 30(2), 351-359. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001063>
- de Hoyo, M., Gonzalo-Skok, O., Sañudo, B., Carrascal, C., Plaza-Armas, J. R., Camacho-Candil, F. & Otero-Esquina, C. (2016). Comparative Effects of In-Season Full-Back Squat, Resisted Sprint Training, and Plyometric Training on Explosive Performance in U-19 Elite Soccer Players. *Journal of strength and conditioning research*, 30(2), 368-377. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001094>
- Dellal, A., Chamari, K., Wong, D. P., Ahmaidi, S., Keller, D., Barros, R., Bisciotti, G. N. & Carling, C. (2011). Comparison of physical and technical performance in European soccer match-play: FA Premier League and La Liga. *European Journal of Sport Science*, 11(1), 51-59. <https://doi.org/10.1080/17461391.2010.481334>
- Dellal, A., Lago-Penas, C., Rey, E., Chamari, K. & Orhant, E. (2015). The effects of a congested fixture period on physical performance, technical activity and injury rate during matches in a professional soccer team. *British journal of sports medicine*, 49(6), 390-394. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091290>
- DeLorme, T. L. (1945). RESTORATION OF MUSCLE POWER BY HEAVY-RESISTANCE EXERCISES. *JBJS*, 27(4), 645-667. https://journals.lww.com/jbjsjournal/Fulltext/1945/27040/RESTORATION_OF_MUSCLE_POWER_BY_HEAVY_RESISTANCE.14.aspx
- Di Salvo, V., Baron, R., González-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(14), 1489-1494. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.521166>
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N. & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*, 28(3), 222-227. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924294>

- Di Salvo, V., Bonanno, D., Modonutti, M., Scanavino, A., Donatelli, C., Pigozzi, F. & Lolli, L. (2023). Perspectives on Postmatch Fatigue From 300 Elite European Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform*, 18(1), 55-60. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2022-0200>
- Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P. & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *Int J Sports Med*, 30(3), 205-212. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1105950>
- Dorrell, H. F., Smith, M. F. & Gee, T. I. (2020). Comparison of Velocity-Based and Traditional Percentage-Based Loading Methods on Maximal Strength and Power Adaptations. *Journal of strength and conditioning research*, 34(1), 46-53. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003089>
- Drust, B., Atkinson, G. & Reilly, T. (2007). Future perspectives in the evaluation of the physiological demands of soccer. *Sports Med*, 37(9), 783-805. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737090-00003>
- Dupont, G., Nedelec, M., McCall, A., McCormack, D., Berthoin, S. & Wisløff, U. (2010). Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *Am J Sports Med*, 38(9), 1752-1758. <https://doi.org/10.1177/0363546510361236>
- Ehrmann, F. E., Duncan, C. S., Sindhusake, D., Franzsen, W. N. & Greene, D. A. (2016). GPS and Injury Prevention in Professional Soccer. *Journal of strength and conditioning research*, 30(2), 360-367. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001093>
- Ekstrand, J., Hägglund, M. & Waldén, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med*, 39(6), 1226-1232. <https://doi.org/10.1177/0363546510395879>
- Elferink-Gemser, M. T., Visscher, C., Richart, H. & Lemmink, K. A. (2004). Development of the Tactical Skills Inventory for Sports. *Percept Mot Skills*, 99(3 Pt 1), 883-895. <https://doi.org/10.2466/pms.99.3.883-895>
- Enes, A., Oneda, G., Alves, D. L., Palumbo, D. P., Cruz, R., Moiano Junior, J. V. M., Novack, L. F. & Osiecki, R. (2021). Determinant Factors of the Match-Based Internal Load in Elite Soccer Players. *Res Q Exerc Sport*, 92(1), 63-70. <https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1710445>
- Faude, O., Koch, T. & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci*, 30(7), 625-631. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.665940>
- FIFA Big Count. (2006, 31.05.2007). FIFA. <https://digitalhub.fifa.com/m/55621f9fdc8ea7b4/original/mzid0qmguixkcmruvema-pdf.pdf>
- Fózer-Selmeci, B., Kocsis, I. E., Kiss, Z., Csáki, I. & Tóth, L. (2019). The effects of computerized cognitive training on football academy players' performance. *Cognition, Brain, Behavior: An Interdisciplinary Journal*, 23, 209-228. <https://doi.org/10.24193/cbb.2019.23.12>
- Gomez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., Ibanez, S. J. & Pino-Ortega, J. (2020). Accelerometry as a method for external workload monitoring in invasion team sports. A systematic review. *PLoS One*, 15(8), e0236643. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236643>
- González-Badillo, J. J., Marques, M. C. & Sánchez-Medina, L. (2011). The importance of movement velocity as a measure to control resistance training intensity. *J Hum Kinet*, 29a, 15-19. <https://doi.org/10.2478/v10078-011-0053-6>

- González-Badillo, J. J., Yañez-García, J. M., Mora-Custodio, R. & Rodríguez-Rosell, D. (2017). Velocity Loss as a Variable for Monitoring Resistance Exercise. *Int J Sports Med*, 38(3), 217-225. <https://doi.org/10.1055/s-0042-120324>
- Gould, D., Dieffenbach, K. & Moffett, A. (2002). Psychological Characteristics and Their Development in Olympic Champions. *Journal of Applied Sport Psychology*, 14(3), 172-204. <https://doi.org/10.1080/10413200290103482>
- Graham, T. & Cleather, D. J. (2021). Autoregulation by "Repetitions in Reserve" Leads to Greater Improvements in Strength Over a 12-Week Training Program Than Fixed Loading. *Journal of strength and conditioning research*, 35(9), 2451-2456. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003164>
- Gregson, W., Drust, B., Atkinson, G. & Salvo, V. D. (2010). Match-to-match variability of high-speed activities in premier league soccer. *Int J Sports Med*, 31(4), 237-242. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1247546>
- Gréhaigne, J.-F. & Godbout, P. (1995). Tactical Knowledge in Team Sports From a Constructivist and Cognitivist Perspective. *Quest*, 47(4), 490-505. <https://doi.org/10.1080/00336297.1995.10484171>
- Greig, L., Stephens Hemingway, B. H., Aspe, R. R., Cooper, K., Comfort, P. & Swinton, P. A. (2020). Autoregulation in Resistance Training: Addressing the Inconsistencies. *Sports Med*, 50(11), 1873-1887. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01330-8>
- Hackett, D. A., Cobley, S. P., Davies, T. B., Michael, S. W. & Halaki, M. (2017). Accuracy in Estimating Repetitions to Failure During Resistance Exercise. *Journal of strength and conditioning research*, 31(8), 2162-2168. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001683>
- Hader, K., Rumpf, M. C., Hertzog, M., Kilduff, L. P., Girard, O. & Silva, J. R. (2019). Monitoring the Athlete Match Response: Can External Load Variables Predict Post-match Acute and Residual Fatigue in Soccer? A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Med Open*, 5(1), 48. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0219-7>
- Hallen, J. & Ronglan, L. T. (2019). *Treningslære for idrettene*. akilles.
- Hammami, M., Gaamouri, N., Shephard, R. J. & Chelly, M. S. (2019). Effects of Contrast Strength vs. Plyometric Training on Lower-Limb Explosive Performance, Ability to Change Direction and Neuromuscular Adaptation in Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(8), 2094-2103. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002425>
- Hansen, K. T., Cronin, J. B. & Newton, M. J. (2011). The reliability of linear position transducer and force plate measurement of explosive force-time variables during a loaded jump squat in elite athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 25(5), 1447-1456. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d85972>
- Harøy, J., Clarsen, B., Wiger, E. G., Øyen, M. G., Serner, A., Thorborg, K., Hölmich, P., Andersen, T. E. & Bahr, R. (2019). The Adductor Strengthening Programme prevents groin problems among male football players: a cluster-randomised controlled trial. *British journal of sports medicine*, 53(3), 150-157. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098937>
- Haugen, T. (2014). *The role and development of sprinting speed in soccer* [Doktorgradsavhandling, Universitetet i Agder]. <https://uia.brage.unit.no/uia-xmlui/bitstream/handle/11250/218331/Dissertation.pdf?sequence=1>

- Haugen, T., Tonnessen, E., Hisdal, J. & Seiler, S. (2014). The role and development of sprinting speed in soccer. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(3), 432-441. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0121>
- Haugen, T. A., Tonnessen, E. & Seiler, S. (2013). Anaerobic performance testing of professional soccer players 1995-2010. *Int J Sports Physiol Perform*, 8(2), 148-156. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.2.148>
- Haugen, T. A., Tønnessen, E. & Seiler, S. K. (2012). The difference is in the start: impact of timing and start procedure on sprint running performance. *Journal of strength and conditioning research*, 26(2), 473-479. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318226030b>
- Hawkins, R. D. & Fuller, C. W. (1999). A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *British journal of sports medicine*, 33(3), 196-203. <https://doi.org/10.1136/bjsem.33.3.196>
- Helgerud, J., Rodas, G., Kemi, O. J. & Hoff, J. (2011). Strength and endurance in elite football players. *Int J Sports Med*, 32(9), 677-682. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1275742>
- Hernández-Belmonte, A., Courel-Ibáñez, J., Conesa-Ros, E., Martínez-Cava, A. & Pallarés, J. G. (2021). Level of Effort: A Reliable and Practical Alternative to the Velocity-Based Approach for Monitoring Resistance Training. *Journal of strength and conditioning research*, 36(11), 2992-2999. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000004060>
- Hickmott, L. M., Chilibeck, P. D., Shaw, K. A. & Butcher, S. J. (2022). The Effect of Load and Volume Autoregulation on Muscular Strength and Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med Open*, 8(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00404-9>
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med*, 30(1), 1-15. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030010-00001>
- Hughes, M. & Franks, I. (2005). Analysis of passing sequences, shots and goals in soccer. *J Sports Sci*, 23(5), 509-514. <https://doi.org/10.1080/02640410410001716779>
- Höner, O. & Feichtinger, P. (2016). Psychological talent predictors in early adolescence and their empirical relationship with current and future performance in soccer. *Psychology of Sport and Exercise*, 25, 17-26.
- Ingebrigtsen, J., Dalen, T., Hjelde, G. H., Drust, B. & Wisløff, U. (2015). Acceleration and sprint profiles of a professional elite football team in match play. *Eur J Sport Sci*, 15(2), 101-110. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.933879>
- Issurin, V. B. (2016). Benefits and Limitations of Block Periodized Training Approaches to Athletes' Preparation: A Review. *Sports Med*, 46(3), 329-338. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0425-5>
- Jordet, G. (2009). When Superstars Flop: Public Status and Choking Under Pressure in International Soccer Penalty Shootouts. *Journal of Applied Sport Psychology*, 21(2), 125-130. <https://doi.org/10.1080/10413200902777263>
- Julien, C. (2022, 11. November). *What is Player Load*. Catapult. <https://support.catapultsports.com/hc/en-us/articles/360000510795-What-is-Player-Load->
- Keiner, M., Kapsecker, A., Stefer, T., Kadlubowski, B. & Wirth, K. (2021). Differences in Squat Jump, Linear Sprint, and Change-of-Direction Performance among Youth Soccer Players According to Competitive Level. *Sports (Basel, Switzerland)*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/sports9110149>

- Knight, K. L. (1979). Knee rehabilitation by the daily adjustable progressive resistive exercise technique. *Am J Sports Med*, 7(6), 336-337.
<https://doi.org/10.1177/036354657900700605>
- Kraemer, W. J. & Fleck, S. J. (2007). *Optimizing strength training: designing nonlinear periodization workouts*. Human Kinetics.
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjær, M. & Bangsbo, J. (2006). Muscle and Blood Metabolites during a Soccer Game: Implications for Sprint Performance. *Medicine & science in sports & exercise*, 38(6), 1165-1174.
<https://doi.org/10.1249/01.mss.0000222845.89262.cd>
- Kyprianou, E., Di Salvo, V., Lolli, L., Al Haddad, H., Villanueva, A. M., Gregson, W. & Weston, M. (2022). To Measure Peak Velocity in Soccer, Let the Players Sprint. *Journal of strength and conditioning research*, 36(1), 273-276.
<https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003406>
- Lago, C., Casais, L., Dominguez, E. & Sampaio, J. (2010). The effects of situational variables on distance covered at various speeds in elite soccer. *European Journal of Sport Science*, 10(2), 103-109. <https://doi.org/10.1080/17461390903273994>
- Lago, C. & Martín, R. (2007). Determinants of possession of the ball in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 25(9), 969-974. <https://doi.org/10.1080/02640410600944626>
- Larsen, S., Kristiansen, E. & van den Tillaar, R. (2021). Effects of subjective and objective autoregulation methods for intensity and volume on enhancing maximal strength during resistance-training interventions: a systematic review. *PeerJ*, 9, e10663.
<https://doi.org/10.7717/peerj.10663>
- Lindberg, K., Solberg, P., Bjørnsen, T., Helland, C., Rønnestad, B., Thorsen Frank, M., Haugen, T., Østerås, S., Kristoffersen, M., Midttun, M., Sæland, F., Eythorsdottir, I. & Paulsen, G. (2022). Strength and Power Testing of Athletes: A Multicenter Study of Test-Retest Reliability. *Int J Sports Physiol Perform*, 17(7), 1103-1110.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0558>
- Luteberget, L. S. & Spencer, M. (2017). High-Intensity Events in International Women's Team Handball Matches. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(1), 56-61.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0641>
- Mackenzie, R. & Cushion, C. (2013). Performance analysis in football: A critical review and implications for future research. *Journal of Sports Sciences*, 31(6), 639-676.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2012.746720>
- Madsen, C. (2022, 09.12.2022). *Slik spilles Eliteserien 2023*. Norges fotballforbund.
<https://www.fotball.no/turneringer/eliteserien/2022/slik-spilles-eliteserien-2023/>
- Malina, R. M., Cumming, S. P., Kontos, A. P., Eisenmann, J. C., Ribeiro, B. & Aroso, J. (2005). Maturity-associated variation in sport-specific skills of youth soccer players aged 13-15 years. *J Sports Sci*, 23(5), 515-522.
<https://doi.org/10.1080/02640410410001729928>
- Mann, D. T., Williams, A. M., Ward, P. & Janelle, C. M. (2007). Perceptual-cognitive expertise in sport: a meta-analysis. *J Sport Exerc Psychol*, 29(4), 457-478.
<https://doi.org/10.1123/jsep.29.4.457>
- Mann, J. B., Ivey, P. A. & Sayers, S. P. (2015). Velocity-Based Training in Football. *Strength & Conditioning Journal*, 37(6), 52-57. <https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000177>
- Mann, J. B., Thyfault, J. P., Ivey, P. A. & Sayers, S. P. (2010). The effect of autoregulatory progressive resistance exercise vs. linear periodization on strength improvement in

- college athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 24(7), 1718-1723.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181def4a6>
- Mattocks, K. T., Dankel, S. J., Buckner, S. L., Jessee, M. B., Counts, B. R., Mouser, J. G., Laurentino, G. C. & Loenneke, J. P. (2016). Periodization: what is it good for? *Journal of Trainology*, 5(1), 6-12.
- McCall, A., Carling, C., Davison, M., Nedelec, M., Le Gall, F., Berthoin, S. & Dupont, G. (2015). Injury risk factors, screening tests and preventative strategies: a systematic review of the evidence that underpins the perceptions and practices of 44 football (soccer) teams from various premier leagues. *British journal of sports medicine*, 49(9), 583-589. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094104>
- McQuilliam, S. J., Clark, D. R., Erskine, R. M. & Brownlee, T. E. (2022). Mind the gap! A survey comparing current strength training methods used in men's versus women's first team and academy soccer. *Sci Med Footb*, 6(5), 597-604.
<https://doi.org/10.1080/24733938.2022.2070267>
- Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Simpson, B., Peltola, E. & Bourdon, P. (2011). Does on-field sprinting performance in young soccer players depend on how fast they can run or how fast they do run? *Journal of strength and conditioning research*, 25(9), 2634-2638. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318201c281>
- Meylan, C. M. P., Cronin, J. B., Oliver, J. L. & Hughes, M. G. (2010). Talent Identification in Soccer: The Role of Maturity Status on Physical, Physiological and Technical Characteristics. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 5, 571 - 592.
- Mohr, M., Draganidis, D., Chatzinikolaou, A., Barbero-Álvarez, J. C., Castagna, C., Douroudos, I., Avloniti, A., Margeli, A., Papassotiriou, I., Flouris, A. D., Jamurtas, A. Z., Krustup, P. & Fatouros, I. G. (2016). Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. *European journal of applied physiology*, 116(1), 179-193. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3245-2>
- Mohr, M., Krustup, P. & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci*, 21(7), 519-528.
<https://doi.org/10.1080/0264041031000071182>
- Morán-Navarro, R., Martínez-Cava, A., Escribano-Peñas, P. & Courel-Ibáñez, J. (2021). Load-velocity relationship of the deadlift exercise. *Eur J Sport Sci*, 21(5), 678-684.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1785017>
- Morgan, O. J., Drust, B., Ade, J. D. & Robinson, M. A. (2022). Change of direction frequency off the ball: new perspectives in elite youth soccer. *Sci Med Footb*, 6(4), 473-482.
<https://doi.org/10.1080/24733938.2021.1986635>
- Müller, S. & Abernethy, B. (2012). Expert anticipatory skill in striking sports: a review and a model. *Res Q Exerc Sport*, 83(2), 175-187.
<https://doi.org/10.1080/02701367.2012.10599848>
- Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S. & Dupont, G. (2012). Recovery in soccer: part I - post-match fatigue and time course of recovery. *Sports Med*, 42(12), 997-1015. <https://doi.org/10.2165/11635270-000000000-00000>
- Nikolaidis, P. T., Clemente, F. M., van der Linden, C. M. I., Rosemann, T. & Knechtle, B. (2018). Validity and Reliability of 10-Hz Global Positioning System to Assess In-line Movement and Change of Direction. *Front Physiol*, 9, 228.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00228>

- Nuñez, J., Suarez-Arrones, L., de Hoyo, M. & Loturco, I. (2022). Strength Training in Professional Soccer: Effects on Short-sprint and Jump Performance. *Int J Sports Med*, 43(6), 485-495. <https://doi.org/10.1055/a-1653-7350>
- O'Reilly, J. & Wong, S. H. (2012). The development of aerobic and skill assessment in soccer. *Sports Med*, 42(12), 1029-1040. <https://doi.org/10.2165/11635120-000000000-00000>
- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R. & di Prampero, P. E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(1), 170-178. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ae5cfd>
- Professional Football Report*. (2019, 12.12.2019). FIFA. <https://digitalhub.fifa.com/m/a59132e138824c1c/original/jlr5corccbsef4n4brde.pdf>
- Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R. & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med*, 28(12), 1018-1024. <https://doi.org/10.1055/s-2007-965158>
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J. & Wisløff, U. (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: effect of fatigue and competitive level. *J Sci Med Sport*, 12(1), 227-233. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.10.002>
- Randers, M. B., Mujika, I., Hewitt, A., Santisteban, J., Bischoff, R., Solano, R., Zubillaga, A., Peltola, E., Krstrup, P. & Mohr, M. (2010). Application of four different football match analysis systems: a comparative study. *J Sports Sci*, 28(2), 171-182. <https://doi.org/10.1080/02640410903428525>
- Ravé, G., Granacher, U., Boullosa, D., Hackney, A. C. & Zouhal, H. (2020). How to Use Global Positioning Systems (GPS) Data to Monitor Training Load in the "Real World" of Elite Soccer. *Front Physiol*, 11, 944. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00944>
- Rebelo, A., Brito, J., Maia, J., Coelho-e-Silva, M. J., Figueiredo, A. J., Bangsbo, J., Malina, R. M. & Seabra, A. (2013). Anthropometric characteristics, physical fitness and technical performance of under-19 soccer players by competitive level and field position. *Int J Sports Med*, 34(4), 312-317. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1323729>
- Reche-Soto, P., Cardona-Nieto, D., Diaz-Suarez, A., Bastida-Castillo, A., Gomez-Carmona, C., Garcia-Rubio, J. & Pino-Ortega, J. (2019). Player Load and Metabolic Power Dynamics as Load Quantifiers in Soccer. *J Hum Kinet*, 69, 259-269. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0072>
- Rhea, M. R., Phillips, W. T., Burkett, L. N., Stone, W. J., Ball, S. D., Alvar, B. A. & Thomas, A. B. (2003). A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for local muscular endurance. *Journal of strength and conditioning research*, 17(1), 82-87. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0082:acolad>2.0.co;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0082:acolad>2.0.co;2)
- 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. *Journal of strength and conditioning research*, 22(3), 773-780. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816a5e86>
- Rønnestad, B. R., Nymark, B. S. & Raastad, T. (2011). Effects of in-season strength maintenance training frequency in professional soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 25(10), 2653-2660. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822dcd96>

- Sánchez-Medina, L. & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(9), 1725-1734. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f880>
- Sandmo, S. B., Andersen, T. E., Koerte, I. K. & Bahr, R. (2020). Head impact exposure in youth football-Are current interventions hitting the target? *Scand J Med Sci Sports*, 30(1), 193-198. <https://doi.org/10.1111/sms.13562>
- Sarajärvi, J., Volossovitch, A. & Almeida, C. H. (2020). Analysis of headers in high-performance football: evidence from the English Premier League. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20(2), 189-205. <https://doi.org/10.1080/24748668.2020.1736409>
- Selmi, O., Ouergui, I., Muscella, A., My, G., Marsigliante, S., Nobari, H., Suzuki, K. & Bouassida, A. (2022). Monitoring Psychometric States of Recovery to Improve Performance in Soccer Players: A Brief Review. *International journal of environmental research and public health*, 19(15). <https://doi.org/10.3390/ijerph19159385>
- Shattock, K. & Tee, J. C. (2022). Autoregulation in Resistance Training: A Comparison of Subjective Versus Objective Methods. *Journal of strength and conditioning research*, 36(3), 641-648. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003530>
- Silva, J. (2019). Concurrent Aerobic and Strength Training for Performance in Soccer. *Scientific Basics and Practical Applications*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75547-2_27
- Silva, J. R., Nassis, G. P. & Rebelo, A. (2015). Strength training in soccer with a specific focus on highly trained players. *Sports Med Open*, 1(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s40798-015-0006-z>
- Spilleregler. (2022). Norges fotballforbund. Hentet Januar fra <https://www.fotball.no/lov-og-reglement/spilleregler/spilleregler2/#Toppen>
- Sporis, G., Jukic, I., Ostojic, S. M. & Milanovic, D. (2009). Fitness Profiling in Soccer: Physical and Physiologic Characteristics of Elite Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(7), 1947-1953. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b3e141>
- Steele, J., Endres, A., Fisher, J., Gentil, P. & Giessing, J. (2017). Ability to predict repetitions to momentary failure is not perfectly accurate, though improves with resistance training experience. *PeerJ*, 5, e4105. <https://doi.org/10.7717/peerj.4105>
- Stone, M., O'bryant, H., Schilling, B., Johnson, R., Pierce, K., Haff, G. G. & Koch, A. (1999). Periodization: effects of manipulating volume and intensity. Part 1. *Strength & Conditioning Journal*, 21(2), 56.
- Styles, W. J., Matthews, M. J. & Comfort, P. (2016). Effects of Strength Training on Squat and Sprint Performance in Soccer Players. *Journal of strength and conditioning research*, 30(6), 1534-1539. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001243>
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C. & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>
- Støren, O., Helgerud, J., Stoa, E. M. & Hoff, J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(6), 1087-1092. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318168da2f>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., Hornsby, W. G. & Stone, M. H. (2021). Training for Muscular Strength: Methods for Monitoring and Adjusting Training Intensity. *Sports Med*, 51(10), 2051-2066. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01488-9>

- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R. & Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Med*, 48(4), 765-785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S. & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Med*, 46(10), 1419-1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Varley, M. C., Fairweather, I. H. & Aughey, R. J. (2012). Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *J Sports Sci*, 30(2), 121-127. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.627941>
- Vigne, G., Gaudino, C., Rogowski, I., Alloatti, G. & Hautier, C. (2010). Activity profile in elite Italian soccer team. *Int J Sports Med*, 31(5), 304-310. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248320>
- Vikmoen, O., Rønnestad, B. R., Ellefsen, S. & Raastad, T. (2017). Heavy strength training improves running and cycling performance following prolonged submaximal work in well-trained female athletes. *Physiol Rep*, 5(5). <https://doi.org/10.14814/phy2.13149>
- Weakley, J., Mann, B., Banyard, H., McLaren, S., Scott, T. & Garcia-Ramos, A. (2021). Velocity-Based Training: From Theory to Application. *Strength & Conditioning Journal*, 43(2), 31-49. <https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000560>
- Weakley, J. J. S., Wilson, K. M., Till, K., Read, D. B., Darrall-Jones, J., Roe, G. A. B., Phibbs, P. J. & Jones, B. (2019). Visual Feedback Attenuates Mean Concentric Barbell Velocity Loss and Improves Motivation, Competitiveness, and Perceived Workload in Male Adolescent Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(9), 2420-2425. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002133>
- Williams, A. M. (2009). Perceiving the intentions of others: how do skilled performers make anticipation judgments? *Prog Brain Res*, 174, 73-83. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(09\)01307-7](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(09)01307-7)
- Williams, A. M. & Davids, K. (1998). Visual search strategy, selective attention, and expertise in soccer. *Res Q Exerc Sport*, 69(2), 111-128. <https://doi.org/10.1080/02701367.1998.10607677>
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R. & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British journal of sports medicine*, 38(3), 285-288. <https://doi.org/10.1136/bjism.2002.002071>
- Wisløff, U., Helgerud, J. & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(3), 462-467. <https://doi.org/10.1097/00005768-199803000-00019>
- Young, W. B., Dawson, B. & Henry, G. J. (2015). Agility and Change-of-Direction Speed are Independent Skills: Implications for Training for Agility in Invasion Sports. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 10(1), 159-169. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.10.1.159>
- Zamparo, P., Bolomini, F., Nardello, F. & Beato, M. (2015). Energetics (and kinematics) of short shuttle runs. *European journal of applied physiology*, 115(9), 1985-1994. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3180-2>
- Zehr, E. P. & Sale, D. G. (1994). Ballistic movement: muscle activation and neuromuscular adaptation. *Can J Appl Physiol*, 19(4), 363-378. <https://doi.org/10.1139/h94-030>
- Zhang, X., Li, H., Bi, S., Luo, Y., Cao, Y. & Zhang, G. (2021). Auto-Regulation Method vs. Fixed-Loading Method in Maximum Strength Training for Athletes: A Systematic Review

and Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology*, 12.

<https://doi.org/10.3389/fphys.2021.651112>

Zourdos, M. C., Goldsmith, J. A., Helms, E. R., Trepeck, C., Halle, J. L., Mendez, K. M., Cooke, D. M., Haischer, M. H., Sousa, C. A., Klemp, A. & Byrnes, R. K. (2021). Proximity to Failure and Total Repetitions Performed in a Set Influences Accuracy of Intrasets Repetitions in Reserve-Based Rating of Perceived Exertion. *Journal of strength and conditioning research*, 35(Suppl 1), S158-s165.

<https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002995>

Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P. & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md : 1985)*, 93(4), 1318-1326. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00283.2002>

Vedlegg 1

31.5.2021

Meldeskjema for behandling av personopplysninger

NSD NORSK SENTER FOR FORSKNINGSDATA

NSD sin vurdering

Prosjektittel

Hurtighetsbasert styrketrening og en longitudinell oppfølging av belastning i trening og kamp

Referansenummer

464080

Registrert

28.01.2020 av Per Thomas Byrkjedal - per.byrkjedal@uia.no

Behandlingsansvarlig institusjon

Universitetet i Agder / Fakultet for helse- og idrettsvitenskap / Institutt for folkehelse, idrett og ernæring

Prosjektansvarlig (vitenskapelig ansatt/veileder eller stipendiat)

Thomas Bjørnsen, thomas.bjornsen@uia.no, tlf: 4798619299

Type prosjekt

Forskerprosjekt

Prosjektperiode

15.02.2020 - 31.12.2023

Status

31.05.2021 - Vurdert

Vurdering (2)

31.05.2021 - Vurdert

NSD har vurdert endringen registrert 21.05.2021. Dato for prosjektslutt er endret til 31.12.2023. Data med personopplysninger oppbevares da også lengre, nemlig til 31.12.2028 grunnet dokumentasjonshensyn. De registrerte informeres om endringene.

Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet med vedlegg den 31.05.2021. Behandlingen kan fortsette.

OPPFØLGING AV PROSJEKTET

NSD vil følge opp ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet.

Lykke til med prosjektet!

<https://meldeskjema.nsd.no/vurdering/5e284c67-687b-4606-8f31-5fa4e6ae36fc>

1/3

Tlf. Personverntjenester: 55 58 21 17 (tast 1)

17.02.2020 - Vurdert

Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet den 17.02.2020 med vedlegg, samt i meldingsdialogen mellom innmelder og NSD. Behandlingen kan starte.

MELD VESENTLIGE ENDRINGER

Dersom det skjer vesentlige endringer i behandlingen av personopplysninger, kan det være nødvendig å melde dette til NSD ved å oppdatere meldeskjemaet. Før du melder inn en endring, oppfordrer vi deg til å lese om hvilke type endringer det er nødvendig å melde:

https://nsd.no/personvernombud/meld_prosjekt/meld_endringer.html

Du må vente på svar fra NSD før endringen gjennomføres.

TYPE OPPLYSNINGER OG VARIGHET

Prosjektet vil behandle særlige kategorier av personopplysninger om helseopplysninger og alminnelige kategorier av personopplysninger frem til 31.12.2021. Data med personopplysninger oppbevares deretter internt ved behandlingsansvarlig institusjon frem til 31.12.2026, dette til forskningsformål.

LOVLIG GRUNNLAG

Prosjektet vil innhente samtykke fra de registrerte til behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at prosjektet legger opp til et samtykke i samsvar med kravene i art. 4 nr. 11 og art. 7, ved at det er en frivillig, spesifikk, informert og utvetydig bekreftelse, som kan dokumenteres, og som den registrerte kan trekke tilbake.

Lovlig grunnlag for behandlingen vil dermed være den registrertes uttrykkelige samtykke, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a, jf. art. 9 nr. 2 bokstav a, jf. personopplysningsloven § 10, jf. § 9 (2).

PERSONVERNPRINSIPPER

NSD vurderer at den planlagte behandlingen av personopplysninger vil følge prinsippene i personvernforordningen om:

- lovlighet, rettferdighet og åpenhet (art. 5.1 a), ved at de registrerte får tilfredsstillende informasjon om og samtykker til behandlingen
- formålsbegrensning (art. 5.1 b), ved at personopplysninger samles inn for spesifikke, uttrykkelig angitte og berettigede formål, og ikke viderebehandles til nye uforenlige formål
- dataminimering (art. 5.1 c), ved at det kun behandles opplysninger som er adekvate, relevante og nødvendige for formålet med prosjektet
- lagringsbegrensning (art. 5.1 e), ved at personopplysningene ikke lagres lengre enn nødvendig for å oppfylle formålet

DE REGISTRERTES RETTIGHETER

Så lenge de registrerte kan identifiseres i datamaterialet vil de ha følgende rettigheter: åpenhet (art. 12), informasjon (art. 13), innsyn (art. 15), retting (art. 16), sletting (art. 17), begrensning (art. 18), underretning (art. 19), dataportabilitet (art. 20).

NSD vurderer at informasjonen som de registrerte vil motta oppfyller lovens krav til form og innhold, jf. art. 12.1 og art. 13.

Vi minner om at hvis en registrert tar kontakt om sine rettigheter, har behandlingsansvarlig institusjon plikt til å svare innen en måned.

FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER

NSD legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene i personvernforordningen om riktighet (art. 5.1 d), integritet og konfidensialitet (art. 5.1. f) og sikkerhet (art. 32).

Catapult Sports er databehandler i prosjektet. NSD legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene til bruk av databehandler, jf. art 28 og 29.

For å forsikre dere om at kravene oppfylles, må dere følge interne retningslinjer og eventuelt rådføre dere med behandlingsansvarlig institusjon.

OPPFØLGING AV PROSJEKTET

NSD vil følge opp underveis (hvert annet år) og ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet/pågår i tråd med den behandlingen som er dokumentert.

Lykke til med prosjektet!

Kontaktperson hos NSD: Mathilde Hansen
Tlf. Personverntjenester: 55 58 21 17 (tast 1)

Vedlegg 2



Per Thomas
Byrkjedal

Besøksadresse:
Universitetsveien 25
Kristiansand

Ref: [object Object]

Tidspunkt for godkjenning: : 28/02/2020

Søknad om etisk godkjenning av forskningsprosjekt - Hurtighetsbasert styrketrening og en longitudinell oppfølging av belastning i trening og kamp

Vi informerer om at din søknad er ferdig behandlet og godkjent.

Kommentar fra godkjenner:

FEK godkjenner søknaden under forutsetning av at prosjektet gjennomføres som beskrevet i søknaden.

Hilsen
Forskningsetisk komite
Fakultet for helse - og idrettvitenskap
Universitetet i Agder

UNIVERSITETET I AGDER
POSTBOKS 422 4604 KRISTIANSAND
TELEFON 38 14 10 00
ORG. NR 970 546 200 MVA - post@uia.no -
www.uia.no

FAKTURAADRESSE:
UNIVERSITETET I AGDER,
FAKTURAMOTTAK
POSTBOKS 383 ALNABRU 0614 OSLO

Vedlegg 3

Vil du delta i forskningsprosjektet: «Hastighetsstyrt styrketrening med oppfølging av belastning i trening og kamp»?

Dette er en forespørsel til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å undersøke hvordan prestasjonen endres i trening og kamp over en hel sesong. I dette skrevet gir vi deg informasjon om hensikten med prosjektet og hva deltakelse som forsøksperson vil innebære for deg.

FORMÅL

Man har lenge antatt at en endring i styrke vil kunne påvirke prestasjon i trening og kamp, men få har undersøkt dette. I nyere tid har det blitt mer og mer vanlig å ta i bruk digitale hjelpemidler i analyser og oppfølging av utøvere som kan brukes til å undersøke en slik endring i prestasjon på trening eller i kamp. Disse enhetene har innebygde sensorer som blant annet kan måle små hurtige bevegelser (eksempelvis: akselerasjoner, stopp, oppbremsing, fall, hopp osv) og kan i tillegg koble seg opp mot GPS utendørs. Vi ønsker å se om det finnes sammenhenger mellom fysisk kapasitet (fra fysiske tester) og prestasjon i trening og kamp (målt gjennom GPS-enheter), samt hvordan dette utvikler seg over tid.

HVA INNEBÆRER DELTAKELSE I STUDIEN?

Ved å delta i studien samtykker du til å gjennomføre testing av din fysiske kapasitet i følgende øvelser;

- Kroppssammensetning (DXA-Scan)
- Sprint
- Hopp
- Leg-press

De nevnte testene vil bli en del av en testprotokoll som kan gjennomføres på flere tidspunkter før, under og etter sesong. Gjennomføring av testprotokollen vil ta ca. 1,5 time. De første planlagte testtidspunkter er september 2020 og januar 2021.

I tillegg til de fysiske testene vil du i trening og kamp benytte en mikroelektronisk enhet. Denne bæres i en spesialsydd vest tett på kroppen. I tillegg til å fange opp posisjon og hastighet via GPS kan den blant annet også små intensive bevegelser som normalt ikke fanges opp av GPS. Eksempler på denne type bevegelser er oppbremsinger, retningsforandringer, hopp og akselerasjoner. Informasjonen fra disse enhetene vil bli innsamlet av din fysiske trener og anonymisert til ID-nr før de overleveres Universitetet i Agder. Kun prosjektleder vil ha tilgang til dekodingsnøkkelen (oversikt over navn og ID-nr). Informasjonen vil samles inn til og med januar 2021.

FORDELER OG ULEMPER MED DELTAGELSE SOM FORSØKSPERSON

Du vil som deltaker i denne studien kunne få resultater fra idrettsvitenskapelige tester i et kontrollert miljø og gi deg tilbakemelding på din fysiske kapasitet. Du vil også kunne oppleve noen ulemper ved å delta i studien;

- Du må sette av tid til testing, tid du kanskje vil brukt annerledes.
- Testing og trening kan føre til stølheth og oppfattes som smertefullt/ubehagelig.
- Det er alltid en risiko for skader ved både trening og testing, men disse anses ikke som større enn den treningen du er vant til fra før.
- DXA (måling av kroppssammensetning) medfører en lav røntgenstrålingsdose, men anses ikke som farlig og tilsvarer den samme dosen stråling en utsettes for under en interkontinental flyreise.

HVA SKJER MED INFORMASJONEN OM DEG?

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrevet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Alle personopplysninger vil bli avidentifisert. Det betyr at resultatene blir ikke lagret under navn, men med en kode fra første dag i prosjektet. Navnet ditt blir derfor koblet til en kode som oppbevares i en safe ved Institutt for

idrettsvitenskap og kroppøving, Universitetet i Agder. Det er kun prosjektansvarlig som har tilgang til denne. Dine personopplysninger vil ikke kunne identifiseres i publikasjoner.

Prosjektet skal etter planen avsluttes 31.01.2021 og alle dine data vil da bli anonymisert. Dine anonymiserte data vil bli oppbevart i 5 år ettersom vi er pliktet til å oppbevare data og separat navneliste i 5 år etter sluttdato for etterprøvbarehet og kontroll av resultatene. Etter dette, altså 31.01.2026, vil all data i prosjektet slettes.

Dine rettigheter: Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- få slettet personopplysninger om deg,
- få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), og
- å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra Universitetet i Agder har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

FRIVILLIG DELTAKELSE

Der er frivillig å delta i studien og du kan når som helst trekke deg fra studien uten å oppgi noen grunn. Alle opplysninger om deg vil da bli anonymisert. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Dersom du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med prosjektansvarlige Per Thomas Byrkjedal (Doktorgradsstipendiat: per.byrkjedal@uia.no / 93498951) eller Thomas Bjørnsen (thomas.bjornsen@uia.no / 986 19 299), vårt personvernombud Ina Danielsen, Universitetet i Agder, ina.danielsen@uia.no, telefon +47 452 54 401, eller NSD – norsk senter for forskningsdata AS (personverntjenester@nsd.no / 55 58 21 17). Prosjektansvarlig institusjon er Universitetet i Agder.

Med vennlig hilsen

Thomas Bjørnsen (Prosjektansvarlig) & Per Thomas Byrkjedal (PhD-stipendiat).

SAMTYKKEERKLÆRING

Jeg/Foresatt har mottatt og forstått informasjon om prosjektet *Hastighetsstyrt styrketrening med oppfølging av belastning i trening og kamp* og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i studien
- at mine opplysninger behandles anonymisert frem til all data i prosjektet slettes senest 31.01.2026.

(Dato)

(Signatur deltaker)