Ingvar Ims

Tretthet og restitusjon i fotball:

Endring i prestasjon på isolerte fysiske tester 1-72 timer etter tre sub-elite fotballkamper, -og sammenheng med kampdata og treningsstatus.

Masteroppgave i idrettsvitenskap

Seksjon for fysisk prestasjonsevne
Norges idrettshøgskole, 2016

Forord

Denne oppgaven avslutter fire år med studier ved Norges idrettshøgskole. Jeg har lært mye, og jeg håper jeg kan være ydmyk og nysgjerrig til læring og refleksjon også i årene som kommer.

Først og fremst, en spesiell takk til mine veiledere Matt Spencer og Håvard Wiig. Tusen takk for all hjelp, innspill, kunnskap og interesse. Dere har gitt uvurderlig veiledning, både i form av møter, kommentarer på oppgaven og (lynhurtige) svar på mail. Jeg er svært takknemlig for å ha fått være med på prosjektet ”Belastningsovervåkning i fotball”. Du, Håvard, har gjort en enorm jobb i forbindelse med planlegging og organisering av det hele, og jeg gleder meg til å lese doktorgraden din når du er ferdig!

Mange har vært med og bidratt i forbindelse med datainnsamlingen til denne oppgaven. Takk derfor også til Jostein, Hege Pernille, Fredrik, Stian, og Live. Takk også til alle spillere og lag for deltagelse og innsats i studien.

Takk til gjengen på masterkontoret dette studieåret, både for godt og dårlig arbeidsmiljø, og til alle venner og familie, for støtte og interesse.

Ingvar Ims,

Oslo, Mai 2016

Sammendrag

En fotballkamp induserer trolig nevromuskulær tretthet i én til mer enn fem dager. Arbeidet en spiller gjør i kamp, samt spilleres treningsstatus, er trolig av avgjørende betydning for restitusjonskinetikk. Det er derimot sparsomt med litteratur som har målt kampdata med metoder som er sensitive til fotballspesifikke bevegelser, og med metoder som er praktiske til overvåkning av nevromuskulær tretthet i treningshverdagen. Hensikten med denne masteroppgaven vil derfor være å se på restitusjonskinetikk i dagene etter kamp, og sammenheng mot spillernes treningsstatus og kampdata.

Session rate of perceived exertion (sRPE), PlayerLoad og høy-intensive aksjoner (HIA; >2,5 $m \bullet s^{-2}$) ble benyttet som mål på kampdata i tre kamper, hos spillere på nivå tre i norsk fotball (n=81). PlayerLoad og HIA ble brukt som intensitetsmål for 15 minutters perioder i kampen (PlayerLoad15; HIA15). Spillernes treningsstatus ble definert av prestasjon på *Yo-Yo intermittent recovery test level 1* (Yo-Yo IR1). Hopphøyde, *flight time: contraction time* (FT:CT) og maks power fra *counter movement jump* (CMJ) ble testet før kamp og 1-, 24-, 48- og 72 timer etter. Hurtighet (10- og 30m) og Yo-Yo IR1 ble testet 72 timer før og etter kamp. Det ble sett på sammenhenger mellom restitusjonskinetikk og tretthetsutvikling i kamp, samt restitusjonskinetikk og kampbelastning (kampdata relativ til treningsstatus).

FT:CT og maks power var nedsatt ved alle posttester, og endringene var størst etter 24 timer (henholdsvis -9,5% og -5,7%). Det ble funnet moderate til veldig store sammenhenger mellom endring i intensitet, målt ved PlayerLoad15, fra kampens første kvarter til kampens siste kvarter og ΔFT:CT og Δmaks power ved alle posttester. Moderate til store sammenhenger ble også observert mellom kampbelastning og ΔFT:CT ved alle tidspunkt etter kamp, samt mot Δmaks power ved test 72 timer etter kamp.

FT:CT og maks power fra CMJ kan være nyttige til overvåkning av nevromuskulær tretthet etter en fotballkamp. Grad av fall i intensitet fra kampstart til kampslutt og kampbelastning er trolig av betydning for restitusjonskinetikk etter kamp.

Innholdsliste

FORORD **3**

SAMMENDRAG **4**

INNHOLDSLISTE **5**

1. INTRODUKSJON **7**

1.1. Hensikt **7**
1.1.1 Forskningsspørsmål 8

2. TEORI **9**

2.1 Fotballkampen **9**
2.1.1 Aktivitetsprofil i fotballkampen 10
2.1.2 Pacing 12

2.2 Metoder til å beskrive aktivitetsprofil i fotballkampen **13**
2.2.1 Time-motion analyser 14
2.2.2 Mikrosensorteknologi 15
2.2.3 Subjektiv vurdering 17

2.3 Tretthetsmarkører **18**
2.3.1 Prestasjonstester 18

2.4 Tretthet **19**
2.4.1 Tretthet i kampen 19
2.4.2 Tretthet etter kampen 19
2.4.3 Akkumulering av tretthet 23

2.5 Oppsummering **25**

3. METODE **26**

3.1 Forsøkspersoner **26**

3.2 Design **26**

3.3 Prosedyrer **27**
3.3.1 Kampdata 27
3.3.2 Kontekstuelle faktorer 29
3.3.3 Tretthetsmarkører 29

3.4 Målemetoder, validitet og reliabilitet **31**
3.4.1 Kampdata – ekstern TL 31
3.4.2 Kampdata – intern TL 32
3.4.3 Tretthetsmarkører 32

3.5 Databehandling **32**

3.6 Statistikk **33**

4. RESULTATER **34**

4.1 Tretthet i kampen **34**

4.2 Tretthet etter kampen **37**

4.3 Treningsstatus, kampdata og endringer i tretthetsmarkører **39**

5. DISKUSJON **41**

5.1 Tretthet i kampen **41**

5.2 Tretthet etter kampen **43**
5.2.1 Yo-Yo IR1 43
5.2.2 Hurtighetstester 43
5.2.3 CMJ 44

5.3 Treningsstatus, kampdata og endringer i tretthetsmarkører **46**
5.3.1 Tretthet i kampen og tretthet etter kampen 46
5.3.2 Kampbelastning og tretthet etter kampen 47

5.4 Begrensninger med studien **49**
5.4.1 Metodologiske begrensninger 49
5.4.2 Fysiske prestasjonstester i fotballkontekst 50

5.5 Praktisk anvendelse **50**
5.5.1 Anbefalinger for fotball 50
5.5.2 Retningslinjer for fremtidige studier 51

6. KONKLUSJON **52**

7. REFERANSER **53**

TABELLOVERSIKT **64**

FIGUROVERSIKT **65**

FORKORTELSER **66**

VEDLEGG **67**
(i) Informasjonsskriv til forsøkspersoner 68
(ii) Spørreskjema 71

1. Introduksjon

En fotballkamp består av 90 minutters intervallpreget arbeid, med gjentatte akselerasjoner, deselerasjoner, retningsforandringer, sprinter, hopp og annen fotballspesifikk aktivitet som i sum genererer tretthet (Nedelec et al., 2012). Avhengig av en rekke faktorer som kan påvirke intensiteten i den enkelte kamp (Lago-Penas, 2012; Sarmento et al., 2014; Waldron & Highton, 2014), og individuelle forskjeller i treningsstatus, alder, kjønn, muskelfibertype og eventuelle andre faktorer, induserer en fotballkamp nevromuskulær tretthet i én til mer enn fem dager (Nedelec et al., 2012). Fotballspillere på elitenivå spiller gjerne opp mot 70 kamper i løpet av en sesong, og har i intensive perioder gjerne bare tre dagers hvile mellom hver kamp. I slike perioder vil spillere trolig akkumulere tretthet, og være mer tilbøyelige til å bli skadet (Dellal, Lago-Penas, Rey, Chamari, & Orhant, 2015).

Nylig har de Hoyo et al. (2016) og Russell et al. (2016) sammenlignet kampdata, målt med mikrosensorteknologi, og prestasjon på CMJ etter en fotballkamp. Draganidis et al. (2015) har i tillegg relatert kampdata mot spillernes treningsstatus, som er foreslått å spille en betydelig rolle for restitusjonskinetikk (Gabbett, 2016; Johnston, Gabbett, Jenkins, & Hulin, 2015; Nedelec et al., 2012), men har brukt tester som er upraktiske å benytte seg av i treningshverdagen. CMJ er eksempel på en test som er praktisk å gjennomføre, og som er anbefalt til overvåkning av tretthetsutvikling etter en kamp (Nedelec et al., 2012). Ingen studier innen fotball har tidligere sett på endringer i FT:CT fra CMJ, som av Cormack, Newton, & McGuigan (2008a) er foreslått som den mest sensitive variabelen til nevromuskulær tretthet, etter en fotballkamp.

1.1. Hensikt

Hensikten med denne studien vil være å se på forløpet for endringer i isolerte fysiske prestasjonstester i 1-72 timer etter kamp, hos spillere fra nivå tre i norsk fotball. Endringer i nevnte tester vil ses i sammenheng med endring i intensitet i kampen, målt ved Playerload15 og HIA15. I tillegg vil endringer i nevnte tester ses i sammenheng med kampbelastning, målt ved kampdata relativt til treningsstatus.

1.1.1 Forskningsspørsmål

1) Hvordan endres hopphøyde, FT:CT og maks power fra CMJ i perioden 1-72 timer etter kamp, samt hvordan endres prestasjonen på 10m, 30m og Yo-Yo IR1 ved tidspunkt 72 timer etter kamp, sammenlignet med før kamp?

2) Er det en sammenheng mellom endring i intensitet, vist ved PlayerLoad15 og HIA15, fra kampens første kvarter til kampens siste kvarter, og endring i hopphøyde, FT:CT og maks power fra CMJ i perioden 1-72 timer etter kamp?

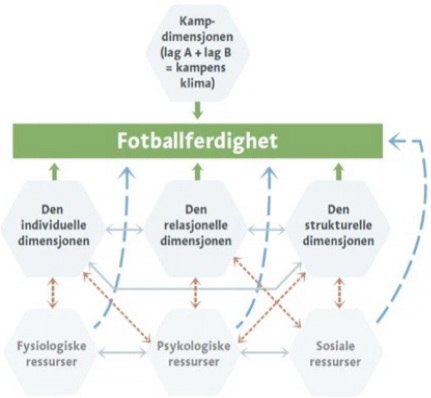
3) Er det en sammenheng mellom kampdata (uttrykt ved sRPE, PlayerLoad og HIA) og treningsstatus (uttrykt ved prestasjon på Yo-Yo IR1), og endring i hopphøyde, FT:CT og maks power fra CMJ i perioden 1-72 timer etter kamp?

2. Teori

2.1 Fotballkampen

Fotball er utbredt over hele verden, på tvers av kulturer og kontinenter. Det er anslått at 1,4 milliarder mennesker har en interesse for fotball, og at 250 millioner mennesker regelmessig spiller fotball. Hvilket gjør fotball til verdens mest populære idrett (Giulianotti & Robertson, 2004). Selve fotballkampen spilles mellom to lag, hvert bestående av maksimalt 11- og minimum 7 spillere, hvorav én spiller må være keeper. Fotballkampen varer i to omganger av 45 min, pluss eventuell tilleggstid bestemt av dommerne. Fotballbanen må i internasjonale kamper være mellom 64-75m bred og mellom 100-110 m lang (FIFA, 2015b).

Det er vanlig for spillere å spesialisere seg i ulike posisjoner eller roller, og typisk skiller man mellom keepere, sentrale bakspillere, brede bakspillere, sentrale midtbanespillere, brede midtbanespillere og angripere, som knyttes til forskjellige arbeidskrav (Sarmento et al., 2014). Fotballkampens åpne og uforutsigbare natur gir derimot enhver spiller muligheten til løse sin rolle på sin egen måte, ut ifra sine egne ferdigheter, relasjoner til medspillere, lagets retningslinjer og kampens klima (Bergo et al., 2002). En spillers prestasjonen i kamp, fotballferdigheten, er således svært kompleks, og den fysiologiske biten, som denne studien omhandler, kan utgjøre en liten del av det store bildet (figur 1). Fotballferdigheten er imidlertid ikke bestående av et standard sett med ferdigheter, da mangler av enkelte egenskaper kan erstattes med unike kombinasjoner av andre. Således vil spillere også i ulik grad basere sin prestasjon i kampen på sine fysiologiske ressurser, som skissert i figur 1 (Meylan, Cronin, Oliver, & Hughes, 2010).



Figur 1 – Fotballferdigheten, hentet fra Bergo, Johansen, Larsen, & Morisbak (2002)

2.1.1 Aktivitetsprofil i fotballkampen

Kamprestasjonen i fotball kan ses på som en interaksjon mellom ulike fysiske, mentale, tekniske og taktiske faktorer (Sarmento et al., 2014). For øyeblikket finnes det ikke et eksakt mål på spilleres fysiske prestasjon i en kamp (Bush, Archer, Hogg, & Bradley, 2015b). Kampanalyser har derfor til hensikt å gi informasjon om gitte parametere som kan tenkes å beskrive fotballspillere sin fysiske prestasjon (Di Salvo, Pigozzi, Gonzalez-Haro, Laughlin, & De Witt, 2013). I tillegg påpeker Paul, Bradley, & Nassis (2015) at det er essensielt at kampanalyser i fotball tar hensyn til kontekstuelle faktorer som resultat, kampens viktighet, arena, kvalitet på motstander, restitusjonsstatus og lagenes taktiske system, grunnet kampens kompleksitet.

Grovt sett tilbakelegger fotballspillere mellom 9-14 km under en kamp, preget av gjentatte endringer i aktivitet og intensitet (Sarmento et al., 2014). De høy-intensive aksjonene i en fotballkamp anslås å utgjøre 30% av den totale distansen spillerne tilbakelegger, mens de resterende 70% blir utført i aktiviteter på lavere intensitet - som gange og jogging (Osgnach, Poser, Bernardini, Rinaldo, & di Prampero, 2010). Majoriteten av studier som kartlegger aktivitetsprofil fra fotballkampen har benyttet seg av time motion analyser (TMA) – kategorisering av spilleres bevegelser etter hvilken hastighet de forekommer i (Randers et al., 2010) – ved hjelp av globalt posisjoneringssystem (GPS)-sporing eller videoopptak (Sarmento et al., 2014), og få studier har kontrollert for kontekstuelle faktorer (Castellano, Alvarez-Pastor, & Bradley, 2014; Sarmento et al., 2014). TMA er ikke sensitive til korte høy-intensive akselerasjoner, hopp, retningsforandringer eller fotballspesifikke handlinger som skudd, pasninger og driblinger, og underestimerer således arbeidet fotballspillere utøver (Bangsbo, Mohr, & Krustrup, 2006; Osgnach et al., 2010; Varley & Aughey, 2013) Nylig har anvendelse av mikroteknologi, som kan være sensitivt til slike korte høy-intensive handlinger (Boyd, Ball, & Aughey, 2011), blitt tillatt i offisielle kamper (FIFA, 2015a), foreløpig er det derfor sparsomt med litteratur hvor slik teknologi er anvendt.

TMA viser at det er ulike fysiske krav knyttet til ulike posisjoner på banen (Sarmento et al., 2014). Studien til Bush, Barnes, Archer, Hogg, & Bradley (2015a) er den første studien på kampanalyser i fotball som kontrollerer for taktiske, kontekstuelle og sesongbetonte faktorer. Denne studien viser at det, for alle fysiske parametere, er store

variasjoner innad i en posisjon, hvilket understreker kompleksiteten i fotballkampen. Videre ser det ut til at den sentrale forsvarsposisjonen skiller seg mest fra de andre posisjonene da de både utfører færre tilfeller av høyintensitetsløp (HIR; ≥19,8 km•t^{-1}) og sprinter (>25,1 km•t^{-1}), i tillegg til mindre volum av sådanne (Bush et al., 2015a). Samtidig viser studien at aktiviteten til fotballspillere, både teknisk-taktisk og fysisk, endrer seg kontinuerlig, da man ser store forskjeller mellom 2005-06 og 2012-13 sesongene i Engelsk Premier League. I grove trekk viser sentrale spillere en større økning i antall- og antall suksessfulle pasninger, i nevnte periode, mens brede spillere viser en større økning i HIR og sprinting. Årsakene tilskrevet dette er økt oppmerksomhet rettet mot ballbesittelse, samt mer dynamiske spillesystemer, hvor den brede forsvarsspilleren spiller en større rolle i angrepsspillet (Bush et al., 2015a).

Enkelte studier har sett på akselerasjons- og deselerasjonsprofiler i fotball (Akenhead, Hayes, Thompson, & French, 2013; Bradley, Di Mascio, Peart, Olsen, & Sheldon, 2010; Varley & Aughey, 2013; Wehbe, Hartwig, & Duncan, 2014), men har anvendt metoder (henholdsvis 10 Hz *non-differential* GPS, videobasert og 5 Hz GPS) som trolig ikke er sensitive nok til alle korte- høyintensive aksjoner i fotballkampen (Castellano et al., 2014; M. T. Scott, Scott, & Kelly, 2015). Varley & Aughey (2013) presiserer dette i sin studie ved at oppgitte data bør ses på som et minimumsmål for arbeidet spillerne gjør under en kamp. Studiene til Ingebrigtsen, Dalen, Hjelde, Drust, & Wisloff (2015) og Russell et al. (2014), fremstår derfor som mer lovende, da de har anvendt mikrosensorteknologi bestående av akselerometre med høy innsamlingsfrekvens, selv om vi senere skal se (avsn. 2.2.2) at også disse er vist å ha begrensninger under høy-intensive aksjoner og retningsforandringer (M. T. Scott et al., 2015). Russell et al. (2014) oppgir at profesjonelle reservelagsspillere for et engelsk elitelag gjennomfører 26 ± 10 sprinter (>5,5 m•s^{-1} i minst 1 s, hvor farten opprettholdes over 4,4 m•s^{-1} i bevegelsen), 656 ± 57 akselerasjoner (>0,5 m•s^{-2} i minst 0,5 s), hvorav 26 ± 9 er av høy intensitet (>3,5 m•s^{-2} i minst 0,5 s) og 612 ± 59 deselerasjoner, hvorav 43 ± 11 er av høy intensitet, i løpet av en fotballkamp. Ifølge Ingebrigtsen et al. (2015) ser det ut til at spillere i laterale posisjoner akselererer oftere og sprinter lengre enn spillere i sentrale posisjoner. Likevel er det svært vanskelig, på bakgrunn av nevnte studier, å si noe om hvilken kapasitet som kreves av profesjonelle fotballspillere for slike høy-intensive aksjoner, da ulike studier benytter ulike

metoder, forskjellige terskler og kriterier for telling av akselerasjoner og deselerasjoner, i tillegg til kulturelle forskjeller, nivåforskjell, hjemmebanefordel, samt andre taktiske og kontekstuelle faktorer som spiller inn på kampbildet (Randers et al., 2010; Sarmento et al., 2014). Videre påpeker Carling (2013) at posisjonelle forskjeller observert gjerne er marginale, og at det forekommer store forskjeller også innad i posisjoner. Castellano et al. (2014) etterlyser således bruk av effektstørrelse for å vurdere om eventuelle posisjonelle forskjeller er meningsfulle.

To tidligere studier, i Dalen, Ingebrigtsen, Ettema, Gjerde, & Wisloff (2015) og Barrett et al. (2015), har anvendt mikrosensorteknologi og parameteren PlayerLoad, en summasjon av akselerasjoner i tre plan, til kampanalyse i fotball. Studiene bruker imidlertid forskjellige utstyrsleverandører (ZXY Sports Tracking og Catapult Sports), som har ulike formler for kvantifisering av PlayerLoad. I tillegg plasserer Catapult Sports sin enhet mellom skulderbladene, mens ZXY Sports plasserer den i livet (Boyd et al., 2011; Dalen et al., 2015). Dalen og kolleger viser at brede forsvarsspillere (11955 ± 1548 AU) hadde lavere PlayerLoad enn samtlige andre posisjoner, og at brede midtbanespillere (15113 ± 2304 AU) hadde høyest. Barrett et al. (2015) gjorde ikke posisjonsspesifikke analyser, men fant lavere gjennomsnittlig PlayerLoad (omtrent 1000 AU) enn Dalen og kolleger, til tross for forsøkspersonene var av noenlunde samme nivå (engelsk U21 vs. norsk elite). Foruten nevnte metodologiske forskjeller som kan forklare de ulike observasjonene mellom studiene, analyserte Dalen et al. (2015) bare ett lag, hvor samtlige kamper var på hjemmebane, der det analyserte laget stort sett var best – med 30 seire, 11 uavgjort og 4 tap (Altomfotball, 2016).

2.1.2 Pacing

Fotballspillere kjennetegnes av å inneha en *slow-positive* pacing strategi, hvilket innebærer en peak i intensitet i starten, før et progressivt fall i utover kampen (Abbiss & Laursen, 2008; Waldron & Highton, 2014). En slik strategi gir dem muligheten til å fullføre en kamp optimalt, samtidig som de også sparer noe energi til uforutsette hendelser mot slutten av kampen (Waldron & Highton, 2014). Dette ser man i praksis hos profesjonelle fotballspillere ved at de regulerer sin fysiske innsats i ulike perioder av kampen, avhengig av kampbildet (Lago-Penas, 2012), og etter hvilke krav posisjonen eller rollen stiller til spillerne, hvilket tyder på at spillere ikke anvender

hele sin fysiske kapasitet i fotballkamper (Schuth, Carr, Barnes, Carling, & Bradley, 2016). Det at man gjerne ikke observerer maksimale verdier av opplevd anstrengelse etter en fotballkamp antyder en submaksimal fysiologisk utmattelse, selv om spillerne gjerne har hatt en maksimal innsats, ut ifra pacing-strategi (Waldron & Highton, 2014).

2.2 Metoder til å beskrive aktivitetsprofil i fotballkampen

Vi skiller mellom interne- og eksterne metoder til å kvantifisere intensiteten på arbeidet, og treningsbelastningen (TL), til en fotballspiller, hvor ekstern TL er det faktiske arbeidet spilleren gjør, mens intern TL er mål på hvordan spilleren responderer på arbeidet (B. R. Scott, Lockie, Knight, Clark, & Janse de Jonge, 2013).

Termologien "aktivitetsprofil" er den riktige å bruke vedrørende kampanalyser (Aughey, 2011), ettersom metodene man anvender, måler nettopp arbeidet spillere gjør, heller enn kravene fotballkampen stiller. Man kan således ikke være sikker på om spillerne har møtt fotballkampens virkelige krav, og i tilfeller hvor man observerer tretthet, har ikke spillerne gjort nettopp dette (Aughey, 2011). Den første kampanalysen som forsøkte å beskrive aktivitetsprofiler fra fotballkampen, basert på annet enn subjektive følelser, ble gjort av Van Gool (1988), som målte tilbakelagt distanse for ulike hastigheter ved hjelp av videobasert TMA. Noe senere så man utviklingen av alternative metoder til å måle ekstern TL, da GPS ble benyttet til å måle hastighet under gange og løp (Schutz & Chambaz, 1997). GPS-teknologi ble, nærmere 10 år etter, benyttet til TMA innen lagidrett (Edgecomb & Norton, 2006). Ytterliggere teknologiske nyvinninger har utviklet videoanalyse gjennom *multiple camera system,* som ProZone og Amisco (Randers et al., 2010), og analysene av spillernes bevegelser gjennom integrert teknologi (IT), som kombinerer hjertefrekvens, GPS og mikrosensorteknologi (Dellaserra, Gao, & Ransdell, 2014). I tillegg har utvikling av lokalt posisjoneringssystem (LPS) åpnet for sporing av spillere innendørs eller i stadioner (Dellaserra et al., 2014). Det er i dag vanlig praksis i toppklubber å anvende GPS-teknologi til å kvantifisere ekstern TL i treningsarbeidet (Akenhead & Nassis, 2015), i kombinasjon(er) med hjertefrekvens, sRPE, mikrosensorteknologi, *multiple camera system* og LPS (Malone et al., 2015).

2.2.1 Time-motion analyser

TMA analyser er enten basert på individuelle videoopptak, *multiple camera system* eller sporing med GPS eller LPS. Videobaserte analyser er svært tidkrevende og krever en erfaren analytiker for å være reliable (Randers et al., 2010). *Multiple camera system* gir derfor mer objektivitet og effektivitet, da samtlige spillere på banen kan analyseres samtidig, men et slikt system er svært kostbart, og er således bare tilgjengelig for toppklubber (Castellano et al., 2014). Sporing ved hjelp av GPS gir i motsetning til *multiple camera system* et direkte mål på ekstern TL, og åpner for muligheten til å få "live" tilbakemelding om spillernes aktivitetsprofil (M. T. Scott et al., 2015). Det ser ut til at 10 Hz GPS er optimalt, da disse er overlegne 1- og 5 Hz enheter hva gjelder validitet, og man ser ingen ytterliggere effekt av å øke til 15 Hz (M. T. Scott et al., 2015). GPS med innsamlingsfrekvens på 10 Hz er vist å ha lik eller lavere variasjonskoeffisient (CV) enn *smallest worthwhile difference* (SWD), for måling av momentan hastighet under konstant hastighet (<5,3% CV), akselerasjoner (<4,3% CV) og deselerasjoner (<6% CV), og kan således tenkes å kunne si noe om endringer i aktivitetsprofil under en fotballkamp (Varley, Fairweather, & Aughey, 2012). På en annen side har Buchheit et al. (2014) funnet GPS til å være uegnet til å beskrive antall akselerasjoner og deselerasjoner i fotball, da man ser svært stor variabilitet (31-56% CV) mellom enheter i målinger når akselerasjonene og deselerasjonene overstiger 3 $m \bullet s^{-2}$. Det er også klart at validiteten til 10 Hz GPS faller i takt med økende hastighet (>10% CV ved løp over 5,56 $m \bullet s^{-1}$) på bevegelsene den sporer (Aughey, 2011; Rampinini et al., 2015), og når deselerasjoner (11,3% CV) er inkludert i bevegelsene (Varley et al., 2012). Randers et al. (2010) har sammenlignet de ulike metodene for TMA, og fant at de ulike systemene gav relativt ulike data for tilbakelagt distanse for ulike hastighetskategorier, og anbefaler varsomhet med å sammenligne resultater på tvers av studier og metoder.

TMA innehar en rekke begrensninger som metode til å beskrive aktivitetsprofil i fotball. Det finnes ingen standardiserte terskler for kategorisering av hastigheten på bevegelser, hvilket gjør det utfordrende å sammenligne resultater fra studier (Castellano et al., 2014; Cummins, Orr, O'Connor, & West, 2013). Videre kjennetegnes fotballkampen av sin uforutsigbarhet, preget av en rekke korte intensive handlinger, som driblinger, retningsforandringer, skudd, taklinger, dueller og korte

akselerasjoner; aksjoner av massiv metabolsk belastning som TMA ikke er sensitiv til, og som således underestimerer aktiviteten til fotballspillere (Castellano et al., 2014; Osgnach et al., 2010; Varley & Aughey, 2013). Eksempelvis viser Osgnach og medarbeidere til at variabelen høyintensitetsløping (>16 km•t^{-1}) gjerne står for 18% av total distanse hos elitespillere, mens hele 42% av energiforbruket under en kamp skjer ved *high-power output* (>20 W•kg^{-1}). Således forekommer det at TMA alene ikke kan gi et optimalt mål på ekstern TL, men at mange av metodens begrensinger kan overkommes ved å koble den til akselerometerdata.

2.2.2 Mikrosensorteknologi

Mikrosensorteknologi, bestående av akselerometer, gyroskop og magnetometer (CatapultSports, 2013a), opererer separat fra GPS-sporingen, og summerer akselerasjoner i tre plan til en vektor, hvor summen av alle akselerasjoner kalles *Load* (Mooney, Cormack, O'Brien B, Morgan, & McGuigan, 2013), kalt *PlayerLoad* av Catapult Sports og ZXY Sports, og *New BodyLoad* av GPSports (Boyd et al., 2011; Dalen et al., 2015; GPSports, 2012). Catapult Sports har også utviklet *Inertial Movement Analysis* (IMA), som måler, klassifiserer og teller alle akselerasjoner, deselerasjoner og retningsforandringer til høyre og venstre. HIA er alle slike aksjoner over 2,5 m•s^{-1}. Akselerometre benytter klippepunkter til å klassifisere bevegelse etter intensitet (Cummins et al., 2013), kan benyttes innendørs, har høyere innsamlingsfrekvens og er i større grad mer sensitiv til fotballspesifikke handlinger som dueller, driblinger og taklinger som kan bidra til total kampbelastning.

$$\boldsymbol{Player\ load} = \sqrt{\frac{(\boldsymbol{a_{y1}} - \boldsymbol{a_{y-1}})^2 + (\boldsymbol{a_{x1}} - \boldsymbol{a_{x-1}})^2 + (\boldsymbol{a_{z1}} - \boldsymbol{a_{z-1}})^2}{\mathbf{100}}}$$

Figur 2 – PlayerLoad er summasjon av akselerasjoner a_y (- fremover), a_x (-til sidene) og a_z (vertikalt), hentet fra Boyd et al. (2011).

Akselerometre viser god intra- og inter-reliabilitet for testing av PlayerLoad (Boyd et al., 2011) og akselerasjoner (Kelly, Murphy, Watsford, Austin, & Rennie, 2015). Boyd et al. (2011) har funnet lavere støy (<2% CV) enn SWD (5,88% CV) ved måling av PlayerLoad under felt-testing, hvilket indikerer at akselerometre makter å skille mellom ulike aktivitetsnivå. Dette støttes av Barrett et al. (2015), som har vist at

PlayerLoad kan skille mellom aktivitetsnivå i fotballkamper. Catapult Sports nyeste enhet, OptimEye S5, er vist å ha god reliabilitet under spill i håndball, både for PlayerLoad (0,9% CV), Total IMA (2,4% CV) og HIA (3,9% CV), da variablene viser lavere CV enn SWD (henholdsvis 3,8%, 4,7% og 5,9% CV). Imidlertid ser man dårligere reliabilitet (7,3 – 13,4% CV) for HIA når akselerasjonene blir kategorisert etter retning (Holme, 2015). Kelly et al. (2015) har testet akselerometer fra GPSports (SPI-ProX II) og funnet svak validitet for måling av akselerasjoner i lagidrett, vist ved stor forskjell (27,5-30,5%) mellom enhetene og målekriteriet. Det mangler studier som har vurdert validitet til enheter fra andre produsenter. Således vurderes foreløpig nevnte akselerometer fra GPSports som uegnet til måling av akselerasjoner i lagidretter (M. T. Scott et al., 2015). Ifølge Dellaserra et al. (2014) kan IT også være ubehagelig og plagsomt å bruke for utøvere.

Noen studier (Barrett et al., 2015; Dalen et al., 2015; Ehrmann, Duncan, Sindhusake, Franzsen, & Greene, 2016; B. R. Scott et al., 2013), har anvendt variabelen PlayerLoad/New BodyLoad til å måle ekstern TL i fotball. B. R. Scott et al. (2013) har med teknologi fra Catapult Sports (MinimaxX 2.0) funnet at PlayerLoad kan være, til tross for stor variasjon i data, en nyttig variabel til å kvantifisere TL i fotball, grunnet veldig stor korrelasjon til intern TL (r= 0,84), gitt ved sRPE. PlayerLoad har en nær perfekt sammenheng med total distanse (TD; r= 0,93), og er således svært avhengig av den vertikale (a_z) komponenten (B. R. Scott et al., 2013), som genereres ved hvert fraspark (CatapultSports, 2011). PlayerLoad 2D, hvor den vertikale komponenten ekskluderes, er således foreslått som et lovende parameter for å beskrive arbeid preget av retningsforandringer (Davies, Young, Farrow, & Bahnert, 2013), og er vist å være sensitiv (CV=1,0%, SWD= 3,7%) til å måle fysisk aktivitet i håndball (Holme, 2015). Hvorvidt PlayerLoad og PlayerLoad 2D sine formler er valide for fotball, og fotballspesifikke aksjoner og bevegelser, må imidlertid undersøkes for å vite om variablene er gode mål på ekstern TL i fotball. Dalen et al. (2015) har overvåket TL hos Rosenborg BK over tre sesonger, og foreslår at PlayerLoad kan være et nyttig verktøy til å registrere fotballspesifikke aksjoner TMA ikke er sensitive til. I tillegg har Ehrmann et al. (2016) sett at New BodyLoad kan være en nyttig variabel til å overvåke ekstern TL hos fotballspillere, da de fant at spillere i perioder (1 og 4 uker) før de ble skadet hadde lavere New BodyLoad enn hva de hadde i gjennomsnitt over en sesong. Resultatene bør imidlertid tolkes med

varsomhet, ettersom en annen variabel ($m \bullet min^{-1}$) viste motsatt forhold, hvor $m \bullet min^{-1}$ var høyere i ukene før skadetidspunkt i forhold til sesonggjennomsnittet.

M. T. Scott et al. (2015) understreker viktigheten av å vurdere validitet og reliabilitet fra et måleverktøy opp mot hvor store feilmålinger man kan akseptere i den idretten man måler. Tilgjengelige enheter forekommer å være reliable for IMA og PlayerLoad, mens det er usikkert hva angår validitet, da det mangler studier på dette (Holme, 2015; M. T. Scott et al., 2015). Økt batterilevetid, bedre minne, redusert størrelse og tilrettelegging for innendørsbruk vil forbedre IT i fremtiden, men trenere bør i dag være varsomme med data når man analyserer høy-intensive aksjoner og retningsforandringer (Dellaserra et al., 2014), som utgjør en sentral del av fotballspillet.

2.2.3 Subjektiv vurdering

Tradisjonelt sett har det vært vanlig å overvåke fotballspillere sin interne TL ved hjelp av hjertefrekvens, men slike metoder har sine begrensninger i en så anaerob preget idrett som fotball (Alexandre et al., 2012). Man har derfor sett gryende bruk av sRPE, utviklet av Foster et al. (2001), som nå er den mest anvendte subjektive metoden til å måle TL i lagidrett (B. R. Scott et al., 2013). sRPE kan være et nyttig verktøy for å planlegge periodisering, til å overvåke belastning i fotball, og metoden anvendes frekventert av toppklubber (Akenhead & Nassis, 2015; Malone et al., 2015). Intern og ekstern TL er to ulike mål, og således forskjellige fra hverandre (B. R. Scott et al., 2013) Ifølge Gaudino et al. (2015) er HIR, antall *impacts* og –akselerasjoner de eksterne variablene som i størst grad predikerer intern TL hos profesjonelle fotballspillere, mens B. R. Scott et al. (2013) fant disse til å være total tilbakelagt distanse, distanse og tid på lav hastighet og PlayerLoad. En nylig studie fra Gallo, Cormack, Gabbett, Williams, & Lorenzen (2015) påpeker at forskjeller i erfaring, posisjon og treningsstatus (time-trial prestasjon på 2 km) påvirket hvordan fotballspillere (australske regler) vurderte et arbeid. Muligens kan også forskjeller mellom de ulike enhetene (STATSports Viper og MinimaxX 2.0) anvendt, eller forskjeller i treningshverdagen til de to lagene som deltok i de respektive studiene ha vært med på å forklare hvorfor Gaudino et al. (2015) og B. R. Scott et al. (2013) fikk ulike funn.

I enkelte idretter, som Rugby Union og –League, kan sRPE være misvisende, da spillerne gjerne har muskelskader som følge av kollisjoner og fysiologisk stress i musklene som følge av idrettens repetitive høy-intensive natur (Lambert & Borresen, 2010). Slike muskelskader kan tenkes å forekomme som følge av en fotballkamp (Nedelec et al., 2012). Ifølge Lambert & Borresen (2010) vil da opplevd anstrengelse etter en kamp ikke være representativt for det underliggende fysiologiske stresset hos spillerne. Brink, Frencken, Jordet, & Lemmink (2014) viser også til et misforhold mellom planlagt og opplevd TL som en ytterliggere begrensning med metoden, da de har sett at elite juniorspillere vurderer treningen som hardere enn hva som var hensikten til trenerne. Dette understreker nødvendigheten av å overvåke og sammenligne planlagt TL mot rapportert TL, for å sikre riktig periodisering.

2.3 Tretthetsmarkører

Trettheten man observerer hos fotballspillere etter en kamp er multifaktoriell, og således er også restitusjonsforløpet i tiden etter en kamp avhengig av en rekke ulike variabler (Nedelec et al., 2012). Belastningsovervåkning er ikke begrenset til en metode, og er det anbefalt å la ulike målinger komplimentere hverandre (Saw, Main, & Gastin, 2015). Et testbatteri for restitusjonskinetikk bør således inkludere en anaerob-, etterfulgt av en utmattende prestasjonstest, i tillegg til kognitive, subjektive og biokjemiske markører (Nedelec et al., 2012).

2.3.1 Prestasjonstester

Prestasjonsbaserte- og fysiologiske målinger er objektive verktøy som kan brukes til å overvåke utøvere (Saw et al., 2015). Prestasjon er den variabelen som i størst grad kan si noe om en spiller er klar til kamp, og om fysisk og psykisk velvære, men det kan være upraktisk å gjennomføre prestasjonstester på daglig basis (Saw et al., 2015). En fotballkamp består en gjentatte repetitive aksjoner av strekk-forkortnings sykluser, hvor den eksentriske komponenten er stor, hvilket kan tenkes å indusere nevromuskulær tretthet, muligens som følge av muskelskader (Nedelec et al., 2012). CMJ er foreslått som en test til å avdekke nevromuskulær tretthet etter en kamp, hvor FT:CT fra det høyeste hoppet er foreslått som den mest sensitive variabelen (Cormack et al., 2008a). CMJ er således et eksempel på en prestasjonstest som er enkel, hurtig

og anvendbar på daglig basis til å gi indikasjoner om hvorvidt spillere er rede til å møte kravene til en fotballkamp (Nedelec et al., 2012).

2.4 Tretthet

Tretthet kan defineres som svikt i å opprettholde nødvendig eller forventet kraft, eller svikt i å fortsette å arbeide på gitt intensitet (Nicol, Avela, & Komi, 2006). I fotball forekommer det ifølge Mohr, Krustrup, & Bangsbo (2005) tretthet etter intensive perioder i kampen og mot slutten av hver omgang.

2.4.1 Tretthet i kampen

Det er utfordrende å vurdere tretthetsutvikling i fotball, grunnet kampens åpne og uforutsigbare natur, på toppen av tidligere nevnte metoder sine klare begrensninger til å analysere fotballkampen. Mohr et al. (2005) viser i sin oversiktsartikkel til studier som finner en reduksjon i andel tilbakelagt distanse, HIR og sprinting i andre omgang i forhold til første, og til reduksjon i HIR i påfølgende femminutters periode til femminutters perioden med mest HIR. Tilsvarende har Russell et al. (2014) observert et fall i antall akselerasjoner og deselerasjoner utover fotballkamper, og Barrett et al. (2015) et fall i PlayerLoad. Sarmento et al. (2014) viser til lignende funn i sin oversiktsartikkel, men påpeker at observerte prestasjonsfall ikke er systematisk, da man har sett økning i intensitetsparametere i andre omgang når intensiteten i første omgang har vert lav. Ytterliggere utfordringer knyttet til kontekstuelle faktorer som kvalitet på motstander, hjemmebanefordel, resultat, viktighet av kampen (Sarmento et al., 2014) og pacing-strategier (Waldron & Highton, 2014) bidrar ikke til å forenkle bildet, og bør derfor vurderes i sammenheng med variablene som er tenkt til å beskrive kampintensitet. Carling (2013) etterspør videre informasjon om kamp-til-kamp variabilitet (%CV) for både lag og enkeltspillere for å vurdere grad eller forekomst av tretthet under fotballkamper.

2.4.2 Tretthet etter kampen

En rekke studier har tidligere sett på restitusjonsforløpet i dagene etter en fotballkamp (Tabell 1). Det ser ut til at en fotballkamp induserer tretthet, vist ved redusert prestasjon i isolerte prestasjonstester, i én til over fem dager. Sannsynligvis er årsakene til dette fallet i prestasjonsevne multifaktoriell, hvor Nedelec et al. (2012) i

tillegg til tidligere nevnte muskelskader, viser til faktorer som dehydrering, glykogentømming og mental tretthet.

Det at ulike studier viser stor variasjon for hvor lang tid det tar før de ulike testverdiene er tilbake til baseline skyldes sannsynligvis flere faktorer relatert til kampintensitet; som ferdighetsnivå, resultat, kvalitet på motstander, kampsted, klima og hvorvidt kampen er offisiell eller en treningskamp (Nedelec et al., 2012; Sarmento et al., 2014). Således er det sannsynlig at grad av tretthet kan variere svært mye fra kamp til kamp, og at treningsstatus, kjønn, alder og forskjeller i muskelfibertyper, i tillegg til restitusjonstiltak knyttet til søvn, rehydrering og ernæring (Nedelec et al., 2013), kan forklare hvorfor noen restituerer seg raskere enn andre etter en fotballkamp (Nedelec et al., 2012).

Som vi kan se av Tabell 1 varierer de ulike studiene i nivå på forsøkspersoner, kampform, metode til å anslå ekstern TL og valg av prestasjonstester, og således også for tidspunkt hvor de observerer at forsøkspersonene sin prestasjon i nevnte tester er tilbake til baseline (Nedelec et al., 2012). Enkelte (Rampinini et al., 2011; Silva et al., 2013) hevder at nettopp treningsbakgrunnen til de profesjonelle forsøkspersonene i sine studier (henholdsvis fra Italiensk 1. div og Portugisisk 1. div) er utslagsgivende for at de observerer lavere fall i prestasjon på fysiske tester, og hurtigere restitusjonskinetikk, enn hva man observert i studier fra portugisisk 2. div (Ascensao et al., 2008), portugisisk 2. og 3. div (Magalhaes et al., 2010) og gresk U21 1. div (Fatouros et al., 2010). På en annen side har både Ispirlidis et al. (2008), Nedelec et al. (2014) og Andersson et al. (2008) observert lengre tid (>72t) før anaerobe ressurser er tilbake til baseline hos spillere på høyt nivå (henholdsvis *elite*, fransk 1. div og norsk og svensk 1. div for kvinner).

Tabell 1 – Tidligere studier av fotballkamp(er) med påfølgende fysiske prestasjonstester.

Studie	År	FP	Kamp	Analyse	Posttester	Tidspunkt (t)	Tilbake til baseline
Andersson	2008	17 PRO K	TK	Video	CMJ, 20m, IKCMS	pre, 0, 5, 21, 27, 45, 51, 69	CMJ: **>72t**. IKCMS-KF: **51t**. IKCMS-KE: **27t**. 20m: **5t**
Ascensao	2008	16 sPRO M	TK	Video	20m, IKCMS	pre, 0.5, 24, 48, 72	**>72t**
Ispirlidis	2008	24 PRO M	TK	-	1RM KB, 20m, CMJ	pre, 0, 24, 48, 72, 96, 120, 144	1RM KB, 20m: **96t**. CMJ: **48t**
Fatouros	2010	30 PRO M	TK	-	20m, CMJ	pre, 0, 24, 48, 72	20m: **>72t**. CMJ: **48t**
Magalhaes	2010	16 sPRO M	TK	Video	CMJ, 20m, IKCMS	pre, 0.5, 24, 48, 72	**>72t**
Krustrup	2011	7 PRO M	OK	Video	MVC, Yo-Yo IR2*, RSA1*	pre, 0, 24, 48, 72	RSA1, Yo-Yo IR2:**<72t** MVC: **48t**
Rampinini	2011	20 PRO M	TK	Video	MVC, Sprint(40m, acp, dcp, flp)	pre, 0, 24, 48	MVC, 40m, flp: **48t**. acp, dcp: **24t**
Ascensao.**	2011	18 Jr M	TK	Video	SJ, CMJ, 20m, MVC	pre, 0, 24, 48	CMJ, MVC: **72t**. SJ: **48t.** 20m: **0t**
Silva	2013	7 PRO M	OK	-	CMJ, 5m, 30m, COD, IKCMS	pre, 24, 48, 72	CMJ, IKCMS: **48t**. 5m, 30m, CoD: **<24t**
Nedelec	2014	10 PRO M	4 OK	Video	CMJ, MVC, 6s-sprint(PS, MPO, MS)	pre, 0, 24, 48, 72	PS, MVC, CMJ: **>72t.** MPO, MS: **0t**
Russell	2015	5 PRO M	TK***	IT	CMJ	pre, 24, 48	**>48t**
Mohr	2015	20 PRO M	3 TK	GPS	RSA2	pre, 1,2,3, (4) *dager*	**>3 *dager***
Draganidis	2015	20 sPRO M	2 TK	IT	KF & KE(PT)	pre, 2, 12, 36, 60	**60t**
Romagnoli	2015	20 PRO M	TK	Video	CMJ	pre, 0.5, 24, 48	**>48t**
Russell	2016	15 PRO M	5 OK	IT	CMJ	pre, 24, 48	**48t**
Wollin	2016	14 Jr M	OK	-	MVC, ROM	pre, 0, 24, 48, 72	**48t**
De Hoyo	2016	15 Jr M	OK	IT	CMJ	pre, 0.5, 24, 48	**>48t**

*Kun testet pre og POST72; **Viser resultater for Thermoneutral Water Immersion gruppen; ***120 min

1 RM KB= 1 repetisjon maksimum knebøy; 6s-sprint (MPO, MS, PS)= 6s sprint på tredemølle, med måling av mean power output (MPO), mean speed (MS) og peak speed (PS);

CMJ= counter movement jump; CoD= change of direction; FP= forsøkspersoner; IKCMS= Isokinetisk maksimal konsentrisk styrke, for knefleksjon (KF) og kneekstensjon (KE);

IT= Integrert teknologi; Jr= junior; K=kvinner; M= Menn; MVC= maksimal voluntær kontraksjon; OK= Offisiell kamp; PRO= Profesjonelle; PT= Peak Torque;

ROM= range of motion; RSA1= Repetert sprintevne (3x30m); RSA2= Repetert sprintevne (5x30m); sPRO= Semi-profesjonelle; SJ= Squat jump;

Sprint(40m, acp, dcp,flp)= sprint over 40m (20m+20m), acp (0-15m), dcp (15-25m) og flp (25-40m); t= timer; TK= treningskamp;

Sammenhengen mellom aktivitetsprofil fra en fotballkamp og forverring av prestasjon etter kamp ble først diskutert av Nedelec et al. (2014), som fant stor sammenheng mellom henholdsvis *total playing actions* og *hard changes in directions* (egenkomponerte parametere fra videoanalyse), og fall i CMJ prestasjon 24t etter kamp. Nedelec et al. (2014) foreslår derfor at aktiviteten fra en kamp sin innvirkning på den nevromuskulære responsen muligens er kortvarig, og således bare mulig å observere den første tiden etter en kamp, og ikke gjennom hele restitusjonsperioden. Nylig har Russell et al. (2016) og de Hoyo et al. (2016) sett på det samme forholdet, med bruk av mikroteknologi til å kvantifisere aktivitetsprofil fra en fotballkamp, i plassen for videoanalyse. Russell et al. (2016) fant moderate sammenhenger mellom HIR, sprint og antall høy-intensive akselerasjoner fra en fotballkamp og fall i peak power output fra CMJ 24-, men ikke 48-, timer etter kamp. de Hoyo et al. (2016) fant imidlertid sammenhenger mellom kampdata og endring i hoppdata gjennom hele restitusjonsperioden, da de observerte stor sammenheng mellom antall *impacts* over 7,1G og endring i gjennomsnittlig konsentrisk kraft fra CMJ 0- og 24t etter kamp, moderat sammenheng mellom antall deselerasjoner over 2 $m \bullet s^{-2}$ og endring i gjennomsnittlig eksentrisk kraft fra CMJ 48t etter kamp.

En nylig studie av Draganidis et al. (2015) har valgt å dele inn tiden etter en kamp i en fase for forverring av prestasjon (fase én; post 0-12t), og en fase for restitusjon av prestasjon (fase to; post 12-60t). Draganidis et al. (2015) viser til sammenhenger (r^2= 0,47 til 0,72) mellom antall sprinter og akselerasjoner en spiller utfører i løpet av en kamp, og forverringen av prestasjon i styrketester i fase én, samt sammenhenger (r^2= 0,29 til 0,54) mellom treningsstatus (vist ved Yo-Yo IR2 prestasjon) og restitusjonen av nevnte styrketester i fase to. Johnston et al. (2015) har lignede funn fra Rugby League, hvor spillerne med høy prestasjon i Yo-Yo IR1 viste hurtigere restitusjonskinetikk for CMJ, til tross for en større andel HIR fra analyserte kamper. I motsetning til Draganidis et al. (2015) har ikke Nedelec et al. (2014), Russell et al. (2016) og de Hoyo et al. (2016) vurdert kampdata relativt til spillernes treningsstatus. Trolig er ikke absolutt belastning fra en kamp tilstrekkelig til å forklare forskjeller i restitusjonskinetikk etter en kamp, da to spillere med samme ekstern TL fra en kamp, men med ulik treningsstatus, vil få helt forskjellig intern TL.

Nevnte Andersson et al. (2008), er den eneste studien fra kvinnefotball, således er det vanskelig å trekke noen konklusjoner for hvilken rolle kjønn spiller med tanke på restitusjonskinetikk etter en fotballkamp. Likedan har ingen studier innen fotball sett på effekten av alder eller ulike muskelfibertyper knyttet til restitusjonskinetikk.

Tabell 1 viser kun oversikt over prestasjonstester, men enkelte av studiene har også sett på biokjemiske og subjektive data knyttet til restitusjonsforløpet etter kamp. Fotballkamper er vist å indusere muskelsårhet, som gjerne når sin topp etter 24-48 timer idet man gjerne kaller *delayed onset of musle soreness* (DOMS) inntrer (Nedelec et al., 2012). Nedelec et al. (2014) fant en sammenheng mellom antall korte sprinter (<5 meter) under en kamp og muskelsårhet 48 timer- ($r= 0,74$, $p < 0,01$) og 72 timer ($r=0,57$, $p\leq 0,05$) etter kamp. Videre har Rampinini et al. (2011) relatert nedgang i sprintevne etter en fotballkamp til redusert evne til maksimal voluntær aktivering. Da Nedelec et al. (2014) har observert en sammenheng ($r= -0,61$, $p\leq 0,05$) mellom nedgang i toppfart og økning i muskelsårhet 24 timer etter en fotballkamp, spekulerer de i om muskelsårhet og inflammasjonsprosessene man ser etter en fotballkamp, gjennom sensitive gruppe III og IV afferenter (Nicol et al., 2006), kan hemme evnen til maksimal voluntær aktivering, og således forklare den observerte nedgangen i sprintevne. Nicol et al. (2006) påpeker imidlertid at tretthet etter at arbeid bestående av strekk-forkortningssykluser er svært kompleks, og således er det sannsynligvis flere faktorer som spiller inn på den reduserte fysiske prestasjonsevnen i timene og dagene etter en fotballkamp.

2.4.3 Akkumulering av tretthet

Studiene fra Tabell 1 antyder, selv om de er sprikende, at fotballspillere ikke er tilstrekkelig restituert til en ny kamp når denne kommer 72 timer etter forrige kamp, slik den gjerne gjør i intensive perioder av sesongen. Dupont et al. (2010) fant i sin studie på profesjonelle fotballspillere at det var 6,2 ganger større skadeforekomst når spillere spilte to kamper i uken versus når de spilte en kamp i uken. Ifølge Dupont et al. (2010) spilte ikke dette tette kampprogrammet noen rolle for spillernes fysiske prestasjon i kamper, da de ikke fant forskjeller i totalt tilbakelagt distanse, høy-intensitets distanse, sprint distanse og antall sprinter når spillerne spilte to kamper i uken versus én. Dette funnet støttes av lignende studier på profesjonelle fotballspillere når det ble spilt seks kamper på tre uker (Dellal et al., 2015), og når det ble spilt åtte

kamper på 26 dager (Carling, Le Gall, & Dupont, 2012). På bakgrunn av disse studiene, med forbehold om metodiske svakheter knyttet til TMA (Varley & Aughey, 2013), virker det derfor som om profesjonelle spillere makter å prestere optimalt i kamper, selv i perioder med svært tett kampprogram, men at slike perioder ser ut til å medføre økt skadeinsidens. Dette støttes av Bengtsson, Ekstrand, & Hagglund (2013) som i sin UEFA-studie så på sammenhengen mellom kamptetthet, skadeforekomst og lagets prestasjonsevne. De fant ingen nedgang i lagenes prestasjonsevne i perioder med høy kamptetthet, men observerte høyere skadeinsidens, spesielt for muskelskader, i perioder hvor det var kort restitusjonstid mellom kamper. Således er det sannsynlig at det forekommer en akkumulering av tretthet når man spiller to kamper i uken (Dupont et al., 2010; Nedelec et al., 2012).

Videre har UEFA-studien av Hagglund et al. (2013) vist at lag som hadde lav skadeforekomst i en sesong presterte bedre i både nasjonal liga og i europeisk cup. Forskerne spekulerer i at trenerens mulighet til å velge sine beste spillere til hver kamp, som en mulig årsak til at lag med lav skadeforekomst i en sesong presterer bedre. I tillegg kan skader som skjer under en kamp også virke inn på kampbildet, -spillergruppen, -og på enkelte spillere. Spesielt har skader av stort omfang, og som i større grad fører til redusert kamptilgjengelighet, som muskel- og seneskader i lår og lysk, samt ligamentskader og skader i ankel og kne, en større sjanse for å påvirke lagets prestasjon i en negativ grad (Hagglund et al., 2013).

2.5 Oppsummering

Fotballkampen er åpen, uforutsigbar og kompleks, og et utall faktorer er med på å bestemme og påvirke en spiller sin aktivtetsprofil. Både interne og eksterne metoder kan brukes til å anslå TL i fotball, men varsomhet anbefales når metoder for ekstern TL benyttes til å beskrive høy-intensive fotballspesifikke aksjoner. Likedan anbefales det å inkludere både prestasjonstester, biokjemiske målinger og subjektive vurderinger til å anslå restitusjonsstatus etter en fotballkamp. Isolerte fysiske prestasjonstester antyder at en fotballkamp induserer nevromuskulær tretthet, hvor graden og varigheten av denne trolig er koblet til aktivitetsprofil fra kamp og individuell restitusjonskinetikk. Når kamper spilles med få dagers mellomrom er det sannsynlig at det forekommer en akkumulasjon av tretthet hos fotballspillere, hvilket medfører økt skaderisiko.

3. Metode

3.1 Forsøkspersoner

De seks deltagende lag spilte alle på det tredje øverste nivået i norsk ligasystem, i sesongen 2015. Totalt inkluderte studien 81 spillere – 66 startere og 15 innbyttere – som var 20,5 ± 4,6 år, 178,2 ± 6,4 cm og 73,4 ± 7,7 kg (gjennomsnitt ± SD). Disse spillerne var keepere (n = 6), sentrale- (n = 13) og brede (n =13) forsvarspillere, sentrale- (n = 23) og brede (n = 16) midtbanespillere, og angripere (n = 10). Tabell 2 viser fordelingen mellom de ulike lagene. Forsøkspersonene var informert om studiens hensikt og prosedyrer, og gav sin skriftlige samtykke til deltagelse.

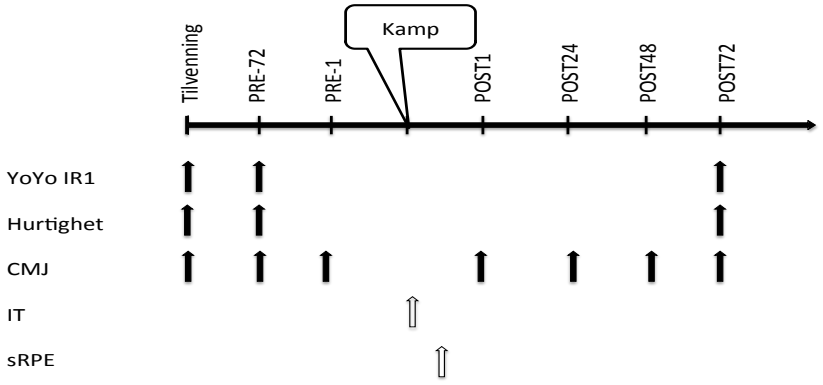
Tabell 2 – Beskrivelse av deltagende lag. Data er i gjennomsnitt ± SD.

	Lag 1 (n = 11)	**Lag 2 (n = 14)**	**Lag 3 (n = 14)**	**Lag 4 (n = 15)**	**Lag 5 (n = 14)**	**Lag 6 (n = 13)**
Alder (år)	22,6 ± 4,5	18,0 ± 0,8	24,4 ± 7,1	17,7 ± 1,0	19,8 ± 2,4	20,1 ± 3,4
Høyde (cm)	179,9 ± 6,0	176,9 ± 5,7	179,6 ± 6,5	175,3 ± 6,1	177,4 ± 7,0	180,5 ± 5,5
Vekt (kg)	74,9 ± 7,1	71,7 ± 7,2	77,5 ± 7,3	69, 4 ± 7,7	72,7 ± 6,2	74,8 ± 8,0
Yo-Yo (m)	1968 ± 367	1880 ± 290	1780 ± 345	2224 ± 440	1597 ± 372	2046 ± 315
CMJ (cm)	43,1 ± 2,9	42,4 ± 3,3	44,8 ± 4,0	43,5 ± 5,2	42,6 ± 3,5	39,9 ± 4,6
10 m (s)	1,86 ± 0,07	1,87 ± 0,06	1,84 ± 0,05	1,85 ± 0,08	1,83 ± 0,05	1,87 ± 0,04
30 m (s)	4,23 ± 0,14	4,29 ± 0,07	4,25 ± 0,11	4,31 ± 0,16	4,19 ± 0,15	4,31 ± 0,14
Motstander	Lag 5	Lag 4	Lag 6	Lag 2	Lag 1	Lag 3
Kamputfall	tap	seier	tap	tap	seier	seier

3.2 Design

Denne studien var en én-gruppes observasjonsstudie, som bestod av tre uoffisielle fotballkamper, med påfølgende tester av objektive markører for restitusjonsstatus (Figur 3). Kampene ble spilt over 90 min, hvor kampdata og opplevd anstrengelse av kampen ble beskrevet ved hjelp av mikrosensorteknologi og LPS-sporing og sRPE. Spillernes treningsstatus ble definert av prestasjon på Yo-Yo IR1. CMJ ble benyttet til å vurdere nevromuskulær tretthet etter kamp, og Yo-Yo IR1 og hurtighetstestene til å gi en indikasjon på spillernes fysiske prestasjonsevne tre dager etter kamp.

Spillerne ble instruert til å avstå fra annen fysisk aktivitet enn hva studien inkluderte 48 timer før testdager. For å sikre kontroll over spillernes aktivitet i tidsrommet etter kamp skulle all aktivitet registreres ved hjelp av sRPE. Elleve spillere gjorde dette–



Figur 3 - Forenklet oversikt over studien. Sorte piler er måling av tretthetsmarkører, hvite piler er mål på kampdata. IT: integrert teknologi, sRPE: session rate of perceived exertion. Tilvenning= 6 dager før kamp, PRE-72= 3 dager før kamp, PRE-1= 1 time før kamp, POST1= 1 time etter kamp, POST24= 24 timer etter kamp, POST48= 48 timer etter kamp, POST72= 72 timer etter kamp.

POST24 (188 ± 210 AU) og POST48 (180 ± 169 AU), og fjorten POST72 (351 ± 179 AU). Vi vet derimot ikke hva spillerne som ikke registrerte sRPE i dagene etter kamp har gjort. For å minimere ernæringsrelaterte forskjeller ble spillerne oppfordret til å spise karbohydratrik mat og til å avstå fra alkohol i testperioden, og til å avstå fra koffein etter frokost på testdager. Ved POST1 fylte spillerne ut et skjema der de etter beste minne beskrev kosthold og eventuelt alkohol og koffeininntak siste 24 timer. Umiddelbart etter kampslutt inntok spillerne en næringsrik (9g karbohydrat og 5,6g protein per 100g) 0,33 dl restitusjonsdrikk (Tine, YT, Oslo, Norge).

3.3 Prosedyrer

3.3.1 Kampdata

I forkant av kampavviklingene ble LSK-hallen klargjort for Clearsky (Catapult Sports, Australia). Atten bærbare innendørs satellitter, kalt noder (versjon 2.1, Catapult Sports, Australia), ble således plassert ut over arenaen, for å skape et LPS. Plasseringen til nodene ble registrert av Builder 509 (Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Sveits), og importert til Catapult Openfield (versjon 1.11.0, Catapult Sports, Australia).

Figur 4 – Oversikt over plassering av noder, vist ved N (venstre), med eksempel fra LSK-hallen (midtre), og nærbilde av node (høyre).

De to kampene som ble spilt på en ukedag hadde avspark kl. 18.00, mens én – helgekampen, startet kl. 16.00. Oppmøte var satt til 75 minutter før kampstart. Samtlige kamper spiltes innendørs i LSK-hallen, på en kunstgressbane dekket med gummispon, 105m lang og 65m bred, under 100 lux belysning. Gjennomsnittlig temperatur og relativ luftfuktighet under kampene var henholdsvis 15 ± 1 °C og 77 ± 5%. En time før kamp startet CMJ testing (PRE-1), med 5 min innledende oppvarming, som beskrevet under 3.3.3. En halvtime før kampstart ble enhetene OptimEye S5 og OptimEye T5 skrudd på, og plassert i en lomme i nakkeregionen på en spesialtilpasset vest (figur 5), som spillerne kledde under lagsdrakten, sammen med en pulsenhet (Polar Team2, Kempele, Finland). Oppvarmingen ble innledet med 10 min standardisert aktivitet bestående av løp, høye kneløft, spark bak, sidehopp, stigningsløp etc., resterende tid inn mot kampstart var til lagenes disposisjon – hvor lagene stort sett valgte ulike varianter av smålagsspill. Kampene spiltes over 90 minutter, etter offisielle regler, med hoveddommer og to assistentdommere (FIFA, 2015b). Etter 60 minutter var lagene instruert til å gjøre tre bytter. Uforutsette kamphendelser medførte at bytter ble gjort ved 30, 45, 60 og 80 min. Signal fra enhetene ble overvåket, bytter registrert og perioder for første og andre omgang ble opprettet i Catapult Openfield. En halvtime etter kampslutt fylte spillerne ut et spørreskjema og sRPE, trenerne et vurderingsskjema og én time etter kampslutt ble CMJ utført (POST1). Alle kampene ble filmet (Canon XA10, Japan).

Figur 5 – Enhetene OptimEye T5 (1. fv.) og S5 (2. fv.), og vesten, med enhetene (3. fv.), slik den så ut under drakten under kamp (4. fv.).

3.3.2 Kontekstuelle faktorer

Samtlige kamper var treningskamper, på nøytral bane, med unntak for Lag 2, som spilte på hjemmebane. Lag 1 tapte 3-6 for lag 5, lag 2 vant 2-1 over lag 4 og lag 3 tapte 2-1 for lag 6. Testene ble utført i de tre første ukene av november, like etter avsluttet konkurransesesong (24. okt.) Spillerne trente i gjennomsnitt 7,5 økter i uken gjennom sesongen. I uken før kamp oppga de å trene, i gjennomsnitt, ”noe mindre”, på en skala fra ”betydelig mindre – noe mindre – normalt – noe mer – betydelig mer”. Alle lag spilte med en firebackslinje, bortsett fra lag 5 som opptrådte i en trebackslinje i én omgang. Lagene opptrådte med ulike varianter av 4-3-3/4-2-3-1/4-1-4-1/4-4-1-1, med én frontspiller, to brede midtbanespillere, og en treer sentralt på midten.

3.3.3 Tretthetsmarkører

Prestasjonstestene foregikk på Idrettshøgskolen (Tilvenning, PRE-72 og POST72), i LSK-hallen (PRE-1 og POST1) og hos de respektive klubbene (POST24 og POST48). Som vist i figur 3 ble CMJ utført ved hvert tidspunkt, mens hurtighet og Yo-Yo IR1 ble utført tre dager før kamp, -og tre dager etter kamp, i tillegg til tilvenning. Ved første oppmøte ble spillernes høyde målt (Seca 217, Hamburg, Tyskland), og kroppsvekt veid på kraftplattform (HUR Labs Force Plattform).

Ved Tilvenning, PRE-72 og POST72 var gjennomsnittlig temperatur og relativ luftfuktighet henholdsvis 20 ± 0 °C og 45 ± 3%. Forsøkspersonene ble iført pulsbelte og vest utstyrt med OptimEye S5, aktivert en halvtime før oppmøte. Dette for at spillerne skulle tilvennes å være ikledd utstyret før kamp, og for mulighet til å vurdere spillernes hjertefrekvens ved tidspunkt hvor de gav seg under Yo-Yo IR1. Vestene og

enhetene ble nummerert, slik at spillerne benyttet det samme utstyret ved alle testdager. CMJ innledet disse testdagene, etterfulgt av hurtighet og avsluttet med Yo-Yo IR1.

Ved testing av CMJ utførte hver spiller minimum tre godkjente hopp på kraftplattform, adskilt med 15 sekunder. Dersom siste hopp var betydelig bedre (>0,5 cm) i forhold til foregående hopp, ble ytterliggere to hopp utført. PRE-1 ble satt som baseline, hvilket innebærer at tidligere tester fungerte som tilvenning. Standardisert oppvarming til CMJ inkluderte fem minutters generell oppvarming i form av rolig løping, etterfulgt av tre øvingshopp med 70, 80 og 90% innsats, med fokus på teknisk utførelse. Spillerne ble instruert til å, med hendene på hoftene og skulderbreddes avstand mellom beina og med blikket fokusert rett frem, hoppe så høyt som mulig, ved å senke seg til foretrukket dybde og utnytte svikten i hoppet. Hopp ble underkjent, og gjentatt, dersom overnevnte faktorer ikke ble oppfylt, eller dersom programvaren (HUR Labs Force Platform Software Suite, versjon 2.65.1.0) underkjente hoppet.

Hurtighetstesten bestod av 30 meter sprint, med tidtaking hver tiende meter ved passering av timing-enhet (SMARTSPEED PRO, Fusion sport, Australia), plassert i brysthøyde. Testen ble innledet med 10 minutter standardisert oppvarming (tilsvarende som beskrevet under 3.3.1). Startposisjon ble satt til stillestående, lett fremoverbøyd, med valgfri fot fremst 30 cm bak startlinjen. Spillerne startet på eget initiativ etter klarsignal fra testleder, hvor første bevegelse skulle være i løpsretning. Tidtaking startet ved å passere timing-enhet ved startlinjen, og spillerne avsluttet sitt løp når de passerte to kjegler, plassert 2 meter etter mållinjen. Instruksjonen var å løpe så fort som mulig fra start til passering av oppsatte kjegler. Tre godkjente løp ble gjennomført per spiller, med 4-5 minutter hvile mellom løpene.

Yo-Yo IR1 består av repetitive løp på 20x20 meter, adskilt med 10 sekunders aktiv pause, med økende intensitet fastsatt av lydsignal (Krustrup et al., 2003). Testen ble løpt på kunstdekke (PULASTIC SP. Combi, Gulv og Takteknikk AS, Norge), og gjennomført som beskrevet i Krustrup et al. (2003), men spillerne ble dømt ut først ved to påfølgende advarsler. Dette for at eventuelle feil på timing ved lavere hastigheter ikke skulle ødelegge for sluttresultat. En gjennomføring opp til 440m ble

anvendt som oppvarming. Selve testen startet to minutter etter endt oppvarming. Testen ble filmet (GoPro Hero 3+ silver edition, USA), for mulighet til å bedømme løpsprestasjoner i ettertid ved tvilstilfeller.

3.4 Målemetoder, validitet og reliabilitet

3.4.1 Kampdata – ekstern TL

OptimEye S5 er Catapult Sports sin mest avanserte sporingsenhet, da den er slankest, har størst rekkevidde, kan måle *impacts*, i tillegg til å inneha algoritmer for belastning av skudd, metabolsk energiforbruk og retningsbestemte analyser (CatapultSports, 2013a). Enheten bærer funksjonen IMA som, ved hjelp av et avansert Kalman filter, kombinerer informasjon fra tri-aksialt akselerometer (± 2-12g), tri-aksialt gyroskop (200-2000 grader·s^{-1}) og tri-aksialt magnetometer, samlet inn ved 100 Hz, til en detaljert kartlegging av brukerens bevegelser (CatapultSports, 2013a, 2013b). Der hvor det er satellittsignal gir OptimEye S5 TMA ved hjelp av 10Hz GPS. En rekke av OptimEye S5 sine funksjoner fungerer imidlertid også innendørs, da mikrosensorteknologien virker separat fra GPS-sporingen. For å skaffe TMA fra aktiviteter innendørs må man benytte seg av enheten OptimEye T5 – og Clearsky. Clearsky, utviklet av Catapult Sports, fjerner behovet for satellittsignal og åpner for innendørsbruk, da det skaper et LPS for sporing av enheten OptimEye T5, ved hjelp av noder, som plasseres på den aktuelle arenaen (CatapultSports, 2013a). Ifølge CatapultSports (2013a) kan OptimEye T5 bestemme en posisjon med bare 10-15 cm feilmargin.

Som tidligere beskrevet er det blitt stilt spørsmålstegn vedrørende GPS (M. T. Scott et al., 2015) og enkelte akselerometre (Kelly et al., 2015) sin evne til å beskrive aktivitetsprofiler i fotball. Foreløpig har ingen studier validert eller sett på reliabiliteten til OptimEye T5. En nylig masteroppgave (Holme, 2015) har vurdert OptimEye S5 sin reliabilitet i håndballspesifikke bevegelser, og i åpnet spill. Som beskrevet under 2.2.2 viste enheten god reliabilitet for PlayerLoad, total IMA og HIA, hvor CV var lavere enn SWD. CV økte imidlertid betraktelig, høyere enn SWD, når IMA ble klassifisert etter retning på bevegelsene (CV= 5,3 – 22,6%). Ingen studier har validert OptimEye S5 for beskrivelse av aktivitetsprofil i fotball, eller andre lagidretter.

3.4.2 Kampdata – intern TL

sRPE utføres innen 30 min etter et arbeid, ved at utøvere blir spurt: ”Hvordan var økten din?”, og rangerer den på en skala fra 0-10 (vedlegg). Oppgitte verdi multipliseres med varigheten, hvor produktet utgjør global TL, målt i arbitrære enheter (AU), av treningsøkten (Foster et al., 2001). Metoden er vist, ved god og standardisert tilvenning, å være valid og reliabel til å indikere intern TL hos fotballspillere (Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi, & Marcora, 2004).

3.4.3 Tretthetsmarkører

CMJ er enkel og praktisk test å gjennomføre, som kan være sensitiv til nevromuskulær tretthet etter en fotballkamp (Nedelec et al., 2012). Ifølge Moir, Button, Glaister, & Stone (2004) har CMJ, ved bruk av beste- av tre hopp, høy reliabilitet, vist ved liten test-retest variasjon hos forsøkspersonene (CV= 2,4%), og høy test-retest korrelasjon (ICC= 0,93), selv uten tilvenning. En annen studie fra Cormack, Newton, McGuigan, & Doyle (2008b) har målt noe svakere reliabilitet: hopphøyde (5,1% CV), FT:CT (8,2% CV) og maks power (3,2% CV). Tester for sprintevne er frekventert anvendt av studier på restitusjonskinetikk i fotball (Tabell 1). Ifølge Moir et al. (2004) viser 10m og 20m, ved beste tid av tre forsøk, testet med telemetriske fotoceller, høy reliabilitet, vist ved liten test-retest variasjon hos forsøkspersonene (henholdsvis 2,0% og 1,9% CV), og høy test-retest korrelasjon (henholdsvis 0,93 og 0,91 ICC), selv uten tilvenning. Yo-Yo IR1 er den mest brukte testen i fotball, er valid, praktisk å gjennomføre, og den makter å skille mellom nivå og spillerposisjon (Bangsbo, Iaia, & Krustrup, 2008). Når testen repeteres i løpet av en uke er den vist å ha god (CV=4,9%) test-retest reliabilitet (Krustrup et al., 2003). En nylig studie av Fanchini et al. (2015) viser at testen også er responsiv, ettersom bedring i testen etter en treningsperiode også førte til økning i HIR under kamp.

3.5 Databehandling

Keepere ble ekskludert fra alle analyser, da disse har en aktivitetsprofil i kamp som skiller seg betraktelig fra utespillere (Sarmento et al., 2014). Kampdata ble hentet ut fra OptimEye S5 hjelp av Catapult Sprint (versjon 5.1.7), og organisert i 15 minutters perioder (Q1-Q6). Problemer relatert til uthenting av data fra OptimEye T5 medførte at TMA, annet enn tilbakelagt distanse, ikke ble utført i denne studien.

Variablene PlayerLoad og HIA - en samlende variabel for antall høy og medium (>2,5 m•s^{-1}) akselerasjoner, deselerasjoner og retningsforandringer - fra OptimEye S5 ble benyttet til å vurdere hvorvidt det forekom endringer i intensitet mellom de ulike 15 minutters kampperiodene. Ettersom innbyttere har forskjellig pacing-strategi fra startere (Waldron & Highton, 2014), ble 80% spilletid fra alle kampperioder satt som inklusjonskriterium. Når forskjeller i intensitet mellom kampperioder ble sammenlignet med endringer i hoppvariabler etter kamp, ble i tillegg data fra alle posttester satt som inklusjonskriterium. Kampdata, relativt til treningsstatus, ble benyttet som mål på kampbelastning. Når kampbelastning og endringer i hoppvariabler ble sammenlignet ble spillere med data fra alle posttester, samt registeringer av sRPE, Yo-Yo IR1 og OptimEye S5 er inkludert i analysene. Ved utarbeiding av indekser for kampbelastning ble t-fordeling av målt eller rapportert PlayerLoad, HIA og sRPE dividert på t-fordeling av beste Yo-Yo IR1 prestasjon. Utregning av t-skår:

$$z = \frac{x-\mu}{\sigma} \rightarrow t = (z \cdot 10) + 50$$

3.6 Statistikk

Data for sannsynlighet for slutninger vedrørende endringer er presentert ved gjennomsnitt ±90% konfidensintervall (CL). Resterende data er presentert ved gjennomsnitt ± standardavvik (SD). Prosentvise data er log-transformerte. Et excelark fra Hopkins (2006) ble benyttet til å vurdere sannsynlighet for forskjeller mellom kampperioder og forskjeller mellom tretthetsmarkører etter kamp i forhold til før kamp. Sannsynlighet ble gitt i % (betydelig høyere/triviell/betydelig lavere), med slutningene: Nesten helt sikkert ikke (<0,5%), veldig usannsynlig (<5%), usannsynlig (<25%), muligens (25-75%), sannsynlig (>75%), veldig sannsynlig (>95%) og nesten helt sikkert (>99,5%) eller uklart dersom CL overlappet til både ”betydelig høyere” og ”betydelig lavere” (Batterham & Hopkins, 2005). Sammenhenger ble undersøkt ved hjelp av Pearsons produkt, hvor størrelsen på korrelasjonene ble angitt etter Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin (2009): Ubetydelig (<0,10), liten (0,10-0,29), moderat (0,30-0,49), stor (0,50-0,69), veldig stor (0,70-0,89) og nesten perfekt (>0,89). Microsoft Excel for Mac 2011 (versjon 14.0.0) og Prism 7 for Mac OS X (versjon 7.0a) ble benyttet til utregninger, og utarbeiding av figurer.

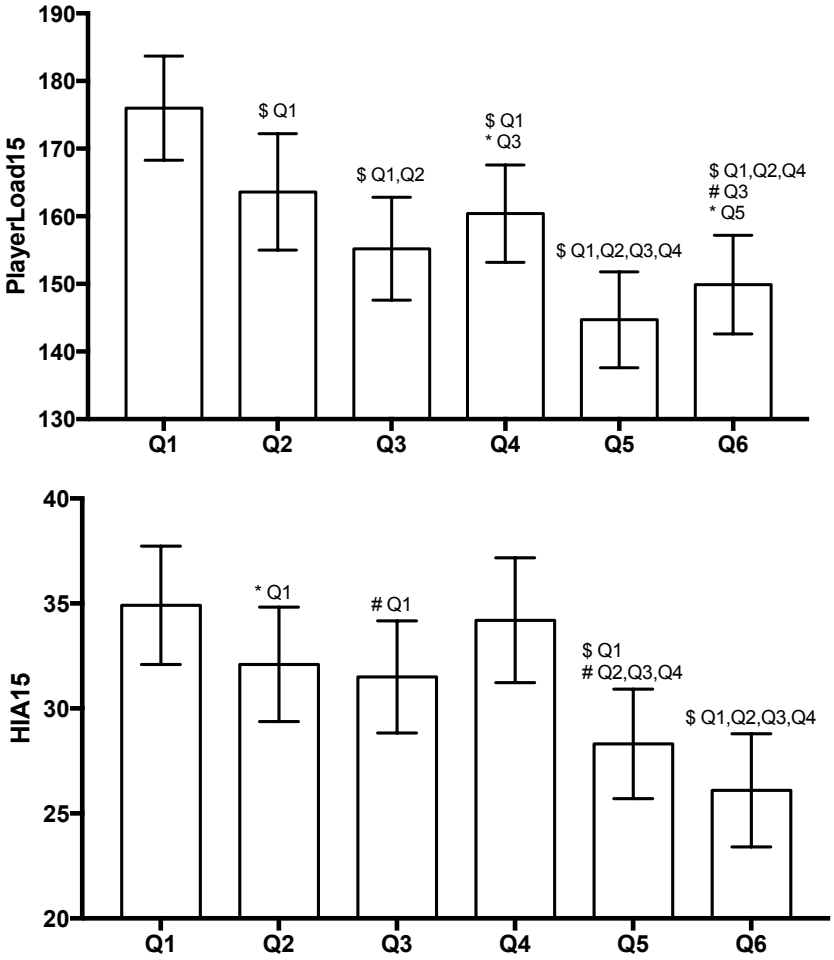
4. Resultater

4.1 Tretthet i kampen

Gjennomsnittlig (± SD) PlayerLoad fra kampene var 958 ± 176 AU, hvilket tilsvarer 10,6 ± 1,9 i PlayerLoad•min^{-1}. Spillerne gjennomførte 190 ± 51 HIA. Totalt løp de 10023 ± 1264m. Kampens aktivitetsprofil, er beskrevet ved hjelp av PlayerLoad- og HIA per 15 minutters periode (Figur 6). Tabell 3 viser tilsvarende, inndelt etter spillerposisjoner. Spillerne rapporterte i gjennomsnitt at de følte de ble like slitne som i en vanlig kamp, mens de i gjennomsnitt følte de løp ”normalt” til ”noe mindre enn normalt” i forhold til en vanlig kamp, på en skala fra ”betydelig mindre – noe mindre – normalt – noe mer – betydelig mer”.

For PlayerLoad15 finner man, for alle spillerposisjoner, konsekvent høyest intensitet i kampens første kvarter. Intensiteten i kampens siste kvarter er nesten helt sikkert (% sannsynlighet for at forskjellen er høyere/triviell/lavere; 0/0/100) lavere enn i kampens første kvarter. Inndelt etter spillerposisjoner viser sentrale- og brede midtbanespillere og angripere tilsvarende sannsynlighet, mens forskjellene for sentrale- og brede forsvarere er veldig sannsynlige (1/1/99; 1/1/98). Sentrale forsvars- og midtbanespillere sin intensitet i kampens siste kvarter er henholdsvis veldig sannsynlig (96/3/1) og sannsynlig (90/7/3) høyere enn i kampens nest siste kvarter.

For HIA15 er det nesten helt sikkert (0/0/100) færre HIA i kampens siste kvarter i forhold til kampens første kvarter. Inndelt etter spillerposisjoner er forskjellene mellom kampens første og siste kvarter uklare for sentrale forsvarsspillere (12/4/84) og brede midtbanespillere (6/1/93), mens det er veldig sannsynlig (1/0/99) færre HIA i kampens siste kvarter i forhold til kampens første for brede forsvarsspillere, sentrale midtbanespillere og angripere.



Figur 6 – PlayerLoad (øverst) og høy-intensive aksjoner (nederst) per 15 min perioder (n=44). Akselerasjoner-, deselerasjoner-, retningsforandring til høyre-, retningsforandring til venstre- og hopp over 2,5 m•s^{-1} inngår i HIA. Forskjeller mellom ulike perioder i kampen er vist som sannsynlig (*), svært sannsynlig (#) og nesten helt sikkert ($). Q1=0-15min, Q2=15-30min, Q3=30-45 min, Q4=45-60min, Q5=60-75min, Q6=75-90min. Data er i gjennomsnitt ±90% CL.

Tabell 3 – Viser PlayerLoad15 og HIA15 fra kampen, delt inn i 15-minutters perioder, for ulike spillerposisjoner. Spillerne inkludert i analysene spilte minimum 80% av alle kampperioder (Q1 - Q6). Data er i gjennomsnitt (±90% CL).

	Sentrale forsvarsspillere (n=11)		Brede forsvarsspillere (n=9)		Sentrale midtbanespillere (n=10)		Brede midtbanespillere (n=8)		Angrepsspillere (n=6)	
Periode	**Gj.snitt (±90% CL)**	**Forskjellig fra periode**	**Gj.snitt (±90% CL)**	**Forskjellig fra periode**	**Gj.snitt (±90% CL)**	**Forskjellig fra periode**	**Gj.snitt (±90% CL)**	**Forskjellig fra periode**	**Gj.snitt (±90% CL)**	**Forskjellig fra periode**
PL15										
Q1	150 (11)		171 (11)		212 (18)		179 (12)		174 (11)	
Q2	134 (8)	$^{\$}$Q1	162 (12)		201 (18)	*Q1	171 (20)	*Q1	155 (12)	$^{\$}$Q1
Q3	131 (8)	$^{\$}$Q1	155 (11)	$^{\#}$Q1, *Q2	189 (15)	$^{\$}$Q1, $^{\#}$Q2	159 (17)	$^{\$}$Q1, $^{\#}$Q2	147 (15)	$^{\$}$Q1
Q4	140 (11)	$^{\#}$Q1	168 (14)	$^{\#}$Q3	185 (15)	$^{\$}$Q1, *Q2	165 (14)	$^{\#}$Q1	146 (12)	$^{\$}$Q1, Q2
Q5	123 (12)	$^{\$}$Q1, $^{\#}$Q4 *Q2	147 (12)	$^{\#}$Q1, Q2, Q4	168 (18)	$^{\$}$Q1, Q2, $^{\#}$Q3, Q4	152 (11)	$^{\$}$Q1, $^{\#}$Q2, Q4	137 (12)	$^{\$}$Q1, Q2, *Q4
Q6	131 (11)	$^{\#}$Q1, Q5	150 (11)	$^{\#}$Q1, Q2, Q4 *Q3	174 (15)	$^{\$}$Q1, Q2, Q3, $^{\#}$Q4, *Q5	161 (17)	$^{\$}$Q1, $^{\#}$Q2	129 (15)	$^{\$}$Q1, $^{\#}$Q2, Q3, Q4
HIA15										
Q1	26,4 (3,8)		32,6 (4,3)		44,2 (5,3)		38,9 (8,0)		33,5 (5,9)	
Q2	25,2 (4,6)		30,6 (5,8)		38,0 (6,0)		37,9 (6,0)		29,5 (5,3)	
Q3	23,4 (2,1)		30,9 (6,9)		36,2 (5,1)	$^{\#}$Q1	38,6 (5,9)		30,2 (7,3)	
Q4	31,6 (7,0)		33,9 (5,8)	*Q2	35,9 (5,8)	$^{\#}$Q1	39,8 (5,4)		29,3 (9,8)	
Q5	22,6 (3,4)		26,6 (6,7)	$^{\#}$Q4, *Q1	29,4 (6,2)	$^{\$}$Q1, $^{\#}$Q2	33,4 (7,2)	$^{\#}$Q4	32,5 (2,0)	
Q6	24,6 (5,2)	*Q4	21,4 (4,9)	$^{\#}$Q1, Q2, Q3, Q4	32,1 (7,4)	$^{\#}$Q1	29,4 (5,9)	$^{\#}$Q3, Q4	21,8 (1,7)	$^{\$}$Q5, $^{\#}$Q1, Q2

*sannsynlig $^{\#}$veldig sannsynlig, $^{\$}$nesten helt sikkert,

Q1=0-15min; Q2=15-30 min; Q3=30-45 min; Q4= 45-60 min; Q5=60-75 min; Q6=75-90 min

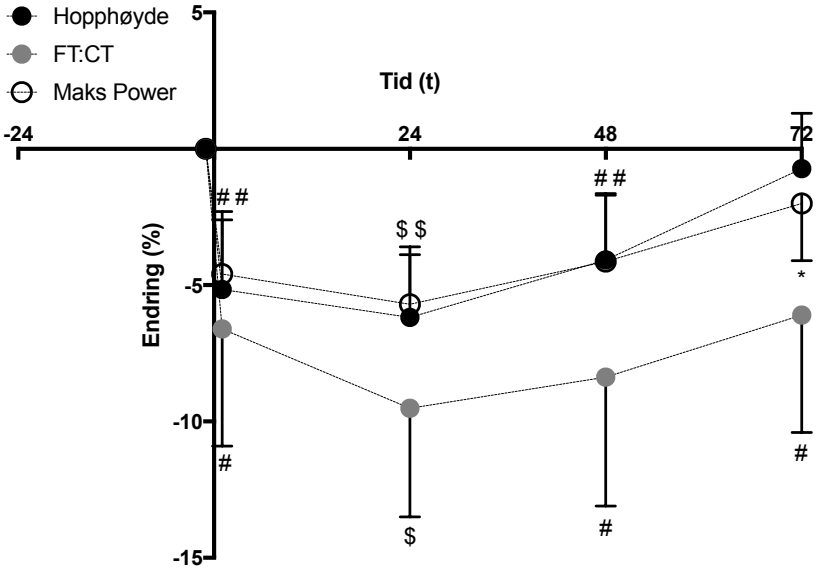
4.2 Tretthet etter kampen

Tabell 4 – Oversikt over tretthetsmarkører etter kamp, samt antall deltakere per testtidspunkt for de som spilte minimum 80% av kampen. Data er i gjennomsnitt ± SD.

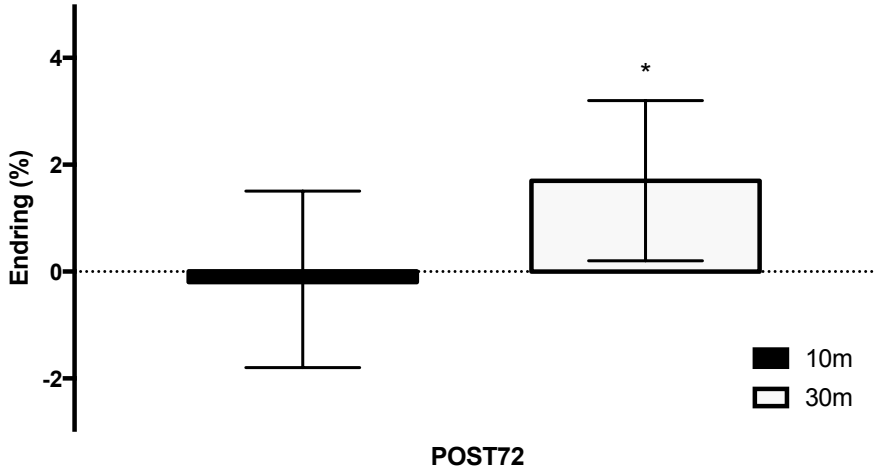
	Pre	n	POST1	n	POST24	n	POST48	n	POST72	n
CMJ (cm)	43,05 ± 4,67	45	40,42 ± 4,17	45	40,18 ± 4,01	42	40,35 ± 4,19	29	40,93 ± 3,89	23
CMJ (FT:CT)	0,79 ± 0,11	45	0,75 ± 0,10	45	0,73 ± 0,08	42	0,70 ± 0,16	29	0,73 ± 0,08	23
CMJ (Maks W)	4000 ± 577	45	3824 ± 540	45	3761 ± 567	42	3644 ± 876	29	3806 ± 610	23
Yo-Yo IR1 (m)	1902 ± 364	39	-	-	-	-	-	-	2038 ± 352	18
10 m (s)	1,85 ± 0,06	41	-	-	-	-	-	-	1,85 ± 0,07	23
30 m (s)	4,24 ± 0,14	41	-	-	-	-	-	-	4,33 ± 0,17	23

Tabell 4 viser deskriptive data og antall deltakere ved ulike testtidspunkt. Spillere med komplett datasett PRE-1 til POST24 (n=40) viste lignende endringer som de med komplett datasett PRE-1 til POST72 (n=21). Av grafiske hensyn er derfor data for de med komplett datasett PRE-1 til POST72 presentert i figur 7. For gruppen med komplett datasett PRE-1 til POST24 var Δhopphøyde -6% ved POST1 og -6,3% ved POST24, ΔFT:CT -6,4% ved POST1 og -8,3% ved POST24 og Δmaks power -5% ved POST1 og -6,3% ved POST24. Samtlige forskjeller var nesten helt sikkert (0/0/100) lavere enn før kamp.

Endringene i hoppvariabler er størst ved POST24, hvor hopphøyde (-6,2%), FT:CT (-9,5%) og maks power (-5,7%) nesten helt sikkert (0/0/100) er lavere enn PRE-1. Ved POST72 er det uklart (8/50/42) hvorvidt prestasjon i CMJ målt ved hopphøyde er forskjellig fra PRE-1. FT:CT er veldig sannsynlig (1/3/97) lavere ved POST72 i forhold til PRE-1, mens maks power sannsynligvis (1/20/79) lavere. Vedrørende tid på 30m løp spillerne sannsynligvis (78/22/0) saktere ved POST72 i forhold til før kamp (figur 8).



Figur 7 – Endring i hopphøyde (sort), FT:CT (grå), og maks power (hvit) fra CMJ fra PRE-1 til POST72 (n=21). Forskjeller mellom posttester og PRE-1 er vist som sannsynlig (*), svært sannsynlig (#) og nesten helt sikkert ($). Data er i gjennomsnitt ±90% CL.



*Figur 8 – Endring i tid på 10m og 30m ved POST72 i forhold til PRE-72. * indikerer en sannsynlig forskjell mellom tidspunktene. Data er i gjennomsnitt ±90% CL.*

4.3 Treningsstatus, kampdata og endringer i tretthetsmarkører

Tabell 5 viser moderat til stor sammenheng mellom endring i alle hoppvariabler og forskjell i PlayerLoad mellom kampens siste og første kvarter ved alle posttester, bortsett fra en liten sammenheng ved POST48 og en ubetydelig sammenheng ved POST72 for Δhopphøyde, og en veldig stor sammenheng ved POST24 for Δmaks power. Tilsvarende er det moderate sammenhenger mellom alle hoppvariabler og forskjell i antall HIA mellom kampens første og siste kvarter ved POST1 og POST24, med unntak av en stor sammenheng ved POST24 for Δmaks power.

Tabell 6 viser at det er små eller ubetydelige sammenhenger mellom forholdstall for kampdata/treningsstatus og Δhopphøyde. For ΔFT:CT er det observert stor sammenheng med forholdet mellom sRPE og Yo-Yo IR1 ved POST24, POST48 og POST72. ΔFT:CT sin sammenheng med forholdstall mellom PlayerLoad og Yo-Yo IR1 og HIA og Yo-Yo IR1 er moderate for alle testtidspunkt, med unntak av en liten sammenheng ved POST1 med HIA/Yo-Yo IR1. For Δmaks power viser samtlige indekser moderate sammenhenger ved POST72, mens sammenhengene er små ved alle andre testtidspunkt.

Tabell 5 – Korrelasjoner mellom forskjeller i intensitet mellom første- (Q1), fjerde- (Q4) og siste- (Q6) kvarter i kampen, for PlayerLoad og HIA og endring i hoppvariabler – i forhold til PRE-1. Spillere med minimum 80% spilletid av kampperiodene (Q1, Q4 og Q6), -og data fra alle posttester, er inkludert i analysene.

			Δ Hopphøyde				Δ FT:CT				Δ Maks Power			
		n	POST1	POST24	POST48	POST72	POST1	POST24	POST48	POST72	POST1	POST24	POST48	POST72
PlayerLoad	Q6-Q1	18	0,45	0,51	0,28	0,09	0,57	0,60	0,59	0,54	0,59	0,72	0,44	0,48
	Q6-Q4	18	-0,04	0,44	-0,03	-0,22	0,12	0,31	0,21	0,19	0,14	0,48	-0,02	0,05
HIA	Q6-Q1	18	0,36	0,43	0,13	0,00	0,41	0,34	0,19	0,22	0,32	0,52	0,02	0,12
	Q6-Q4	18	0,24	0,43	0,19	0,04	0,08	0,09	-0,05	0,08	-0,01	0,21	-0,23	-0,24

Tabell 6 – Korrelasjoner mellom kampbelastning og endring i hoppvariabler i forhold til PRE-1. Høy indeks indikerer at spilleren har utøvd, eller rapportert, et stort arbeid i kamp i forhold til treningsstatus, uttrykt ved Yo-Yo IR1 resultat. Spillere med data fra alle posttester, samt registreringer av sRPE og kampdata fra OptimEye S5, er inkludert i analysene.

		Δ Hopphøyde				Δ FT:CT				Δ Maks Power			
Indeks	n	POST1	POST24	POST48	POST72	POST1	POST24	POST48	POST72	POST1	POST24	POST48	POST72
sRPE/Yo-Yo IR1	30	-0,08	-0,12	0,07	-0,11	-0,45	-0,55	-0,53	-0,50	-0,29	-0,27	-0,14	-0,48
PlayerLoad/Yo-Yo IR1	31	-0,08	-0,14	-0,01	-0,15	-0,33	-0,34	-0,40	-0,34	-0,23	-0,24	-0,25	-0,45
HIA/Yo-Yo IR1	31	-0,10	-0,23	0,03	-0,16	-0,26	-0,39	-0,38	-0,38	-0,19	-0,29	-0,22	-0,40

5. Diskusjon

Hensikten med denne studien var å se på forløpet for endringer i isolerte fysiske prestasjonstester i 1-72 timer etter kamp, hos spillere fra nivå tre i norsk fotball, og relatere disse endringene til spillernes treningsstatus og aktivitetsprofil i kamp. Hovedfunnene fra denne studien var at fotballspillere på nivå tre i norsk fotball ser ut til å være preget av nevromuskulær tretthet i minst tre dager etter en fotballkamp. Studien fant sammenhenger mellom nedgang i intensitet fra kampens første kvarter til kampens siste kvarter og negativ endring i markører for nevromuskulær tretthet 1-72 timer etter kamp. Det ble også observert sammenhenger mellom stor kampbelastning og negativ endring i markører for nevromuskulær tretthet 1-72 timer etter kamp.

5.1 Tretthet i kampen

Resultatene i denne studien viser at det skjer en endring i spillernes intensitet gjennom kampen, da det er betydelige forskjeller mellom kampens første perioder og kampens siste perioder, både for PlayerLoad og HIA. Aktivitetsprofilen, vist ved PlayerLoad, fra kampene i denne studien viser tilnærmet identiske verdier og forløp som hva Barrett et al. (2015) observerte i 86 offisielle U21 kamper fra lag på nivå to i engelsk fotball. Som beskrevet av Waldron & Highton (2014) ser vi også at spillerne i denne studien velger en pacing-strategi som gir dem muligheten til å øke intensiteten mot slutten av kampen, da kampens siste kvarter skiller seg fra kampens nest-siste. Det at to av kampene var jevne kan være en av årsakene til dette, da spillerne gjerne trapper opp sin innsats mot slutten kampen i et forsøk på å vinne den (Lago-Penas, 2012). Den andre studien som har rapportert PlayerLoad fra fotballkamper har observert betydelig høyere (13327 AU) gjennomsnittlig PlayerLoad, fra kamper på norsk elitenivå, enn hva som var gjennomsnittet (958 AU) i denne studien (Dalen et al., 2015). Dalen et al. (2015) sin utstyrsleverandør og formel for utregning av PlayerLoad er imidlertid forskjellig fra hva Barrett et al. (2015) og gjeldende studie har benyttet seg av. I tillegg har Barrett et al. (2016) sett at enheter plassert i livet gir høyere PlayerLoad enn enheter plassert mellom skulderbladene.

Ingen studier i fotball har tidligere benyttet seg av paraplyvariabelen HIA (akselerasjoner, deselerasjoner og retningsforandringer). Således er det også vanskelig

å sammenligne antall HIA i denne studien mot andre studier, da studier opererer med ulik terskel for telling av akselerasjoner og deselerasjoner, ulike utstyrleverandører og ulikt nivå på forsøkspersoner. Ingebrigtsen et al. (2015) viser til at spillerne i deres studie i gjennomsnitt (± SD) akselererte 91± 21 ganger i løpet av kampen, uten å vise data på antall deselerasjoner. Russell et al. (2014) har sett på akselerasjoner og deselerasjoner kombinert og funnet 69 ± 23, men har til gjengjeld en høyere terskel (>3 $m \bullet s^{-2}$) for telling av disse. Gjeldende studie fant 190 ± 51 HIA i kampene. Kanskje ville overnevnte studier vist lignende data om de også hadde målt deselerasjoner eller hatt lik terskel for telling av slike hendelser. Det kan man imidlertid ikke vite. Således er det vanskelig å vurdere omfanget av spillernes høy-intensive aksjoner sammenlignet med tidligere observasjoner. Det som likevel er tydelig er at både Russell et al. (2014) og Ingebrigtsen et al. (2015) har funnet lignende utvikling av akselerasjoner utover kampen, som gjeldende studie har funnet for HIA. Ingebrigtsen et al. (2015) fant imidlertid bare en nedgang i antall akselerasjoner i andre omgang, i forhold til første-, for spillere i laterale posisjoner.

Tretthet er definert på ulike måter, gjeldende studie har referert til *svikt i å fortsette på gitt intensitet* (Nicol et al., 2006). Definisjonen er vag, da intensiteten i fotballkampen er gitt av en rekke kontekstuelle faktorer som resultat, kvalitet på motstander, kampstatus, faktorer knyttet til tid i sesongen og pacing-strategier (Sarmento et al., 2014; Waldron & Highton, 2014). Det at spillerne var klar over at arbeidet de gjorde ble målt, kan muligens ha vært med på øke deres innsats i kampen, selv om de rapporterer at løpsmengden i kampen var ”mindre enn normalt – til normalt” i forhold til en vanlig kamp. Det faktum at kampene var treningskamper like etter avsluttet sesong – i så måte uviktige – kan ha medført at spillerne i denne studien nedregulerte sin innsats. To av kampene var jevne, der vinnerlagene vant med ett mål, mens en kamp var ujevn, der det ene laget vant med tre mål. De samsvarende resultatene i denne og Barrett et al. (2015) sin studie – hvor kampene var av viktig karakter – antyder likevel at kampene har indusert tretthet. Ifølge Waldron & Highton (2014) har et nettopp progressivt fall i intensitetsmarkører utover kampen blitt akseptert som et valid mål på ”tretthet” i lagidretter. Således vil også denne studien bruke ”tretthet” som en beskrivelse av de endringene vi har observert for PlayerLoad og HIA.

5.2 Tretthet etter kampen

Fotballkampene i denne studien induserte nedsatt prestasjon i isolerte fysiske prestasjonstester i minst 72 timer. Som presentert i Tabell 1, viser tidligere studier store variasjoner for hvor lang tid det tar før fotballspillere sin prestasjon i nevnte tester er tilbake til baseline etter en fotballkamp.

5.2.1 Yo-Yo IR1

Prestasjonen i Yo-Yo IR1 var, i samsvar med Krustrup et al. (2011) sitt funn for Yo-Yo IR2 hos danske profesjonelle fotballspillere, uendret ved POST72 fra PRE-72. Dette støttes også av studier som har funnet upåvirket løpsprestasjonen i kamper i perioder med høy kamptetthet (Carling et al., 2012; Dellal et al., 2015).

5.2.2 Hurtighetstester

Gjeldende studie fant at prestasjonen på 10m ved POST72 var uendret, mens det sannsynligvis var en 2% forverring av tid på 30m. Vedrørende prestasjon i hurtighetstester etter kamp rapporterer tidligere studier at denne ressursen er alt fra upåvirket av en fotballkamp, til forverret i over 72 timer (Tabell 1). Studiene med forsøkspersoner som ligner mest på gjeldende studie - portugisisk 2. og 3. div, 21,3 ± 1,1 år – har begge funnet en 5% nedgang av løpsprestasjon på 20m ved POST72 (Ascensao et al., 2008; Magalhaes et al., 2010). Imidlertid må resultatene i denne studien ses i sammenheng med CV, som på 20m er funnet til å være 1,9% (Moir et al., 2004). Altså er ikke den observerte forverringen i 30m tid ved POST72 større enn hva man forventer av test-retest variasjon hos forsøkspersonene. Det kan virke som om CMJ-variablene er mer sensitive til nevromuskulær tretthet enn hurtighets-variablene (Figur 7). Imidlertid er det heller ingen av CMJ-variablene som har en endring ved POST72 som er større enn test-retest variabiliteten man forventer hos spillerne (Cormack et al., 2008b). I tillegg vet vi ikke hvordan prestasjonen på 10- og 30m har artet seg før POST72. Skulle likevel den observerte nedgangen på 2% i løpstid på 30m være reell, er det gjerne ikke overraskende at det er på denne distansen, -og ikke på 10m, man finner en nedsatt prestasjonsevne etter kamp. Nedelec et al. (2012) sin oversiktsartikkel viser at maksimal voluntær kontraksjon, ved alle vinkelhastigheter, er mer nedsatt i knebøyerne enn i knestrekkerne etter en fotballspesifikk aktivitet, og at forskjellene blir tydeligere ved økende vinkelhastighet. Samtidig er det slik at

knebøyerne spiller en større rolle for prestasjonen på 30m enn på 10m (Delecluse, 1997), hvilket kan være med på å forklare den eventuelle forskjellen gjeldende studie fant mellom distansene. Hurtighetstester er nok likevel lite anvendbare for klubber, uavhengig av sensitivitet til nevromuskulær tretthet, i overvåkningen av restitusjonsstatus i dagene etter en kamp, ettersom tretthet er foreslått som en risikofaktor for at muskelskader kan forekomme under sprinting (Ekstrand, Hagglund, & Walden, 2011).

5.2.3 CMJ

Kampene i denne studien induserte endringer i samtlige hopp-parametere, hvor endringene var mest fremtredende for FT:CT, og hvor hopphøyde – men ikke FT:CT og maks power – var tilbake til baseline ved POST72.

Cormack et al. (2008a) har foreslått FT:CT fra CMJ til å være den mest sensitive variabelen til nevromuskulær tretthet innen australsk fotball. Ingen studier har til nå benyttet seg av variabelen i *tradisjonell* fotball. Det er uklart om den nevromuskulære trettheten – indikert av FT:CT – skyldes sentrale eller perifere faktorer (Cormack, Mooney, Morgan, & McGuigan, 2013). Mekanismer som feed-forward modifisering av bevegelsesstrategi, eller endring i vertikal stivhet i muskelseneovergangen - som følge av gjentatte strekk-fortkortningssykluser fra fotballkampen - er foreslått som årsaker til endringene i FT:CT (Cormack et al., 2013). Cormack et al. (2013) har ved hjelp av mikrosensorteknologi sett at australske fotballspillere endrer sin måte å bevege seg på under nevromuskulær tretthet (ΔFT:CT> 8%), da det prosentvise bidraget fra den vertikale vektoren for total PlayerLoad ble redusert under slik tilstand. Terskelen for å definere nevromuskulær tretthet som endringer i FT:CT over 8% er satt nettopp fordi den samme forskningsgruppen har vist variabelens reliabilitet til å være 8,2% CV (Cormack et al., 2008b). Således er endringene observert i gjeldende studie lavere ved POST1 og POST72, og marginalt høyere ved POST24 og POST48, enn test-retest variasjonen hos spillerne. Likevel er det en viss systematikk i endringene for FT:CT, da samtlige posttester i gjennomsnitt viser en negativ endring, som kan tyde på at spillernes FT:CT faktisk er endret i forhold til før kamp. Sammenlignet med data fra australsk fotball (-16,7% ved POST1, -17,1% ved POST24), er endringene for FT:CT observert i denne studien betydelig mindre det første døgnet etter kamp, -og noe større 72 timer etter kamp (-3,7%). Det å

sammenligne resultater på tvers av idretter er imidlertid av begrenset verdi, da australsk fotball er av en annen karakter enn fotball, der kampene gjerne varer noe lengre, banen er mye større, antall spillere er flere (AFL, 2016), innslaget av fysisk kontakt trolig er større og intensitet (målt etter PlayerLoad•min^{-1}) er betydelig høyere enn hva som er observert i denne studien (Mooney et al., 2013).

I tidligere studier på prestasjonsevne i isolerte fysiske tester etter en fotballkamp, er hopphøyde fra et CMJ den hyppigst målte parameteren (Tabell 1). Samtlige studier viser at hopphøyde er nedsatt ved POST24. Enkelte viser at hopphøyde er tilbake til baseline ved POST48 (Fatouros et al., 2010; Ispirlidis et al., 2008; Silva et al., 2013), andre til POST72 (Ascensao, Leite, Rebelo, Magalhaes, & Magalhaes, 2011), mens noen har sett at det trengs mer enn 48- (de Hoyo et al., 2016), eller 72 timer før hopphøyde er tilbake til baseline etter en 90 min fotballkamp (Andersson et al., 2008; Ascensao et al., 2008; Magalhaes et al., 2010; Nedelec et al., 2014). I studien til Magalhaes et al. (2010), hvor forsøkspersonene ligner gjeldende studie, var nedgangen noe større enn hva som ble observert i gjeldende studie (-12% ved POST0, og -8% ved POST24, -48 og -72). Til forskjell fra denne studien benyttet Magalhaes et al. (2010) imidlertid Boscomatte, i tillegg til at de hoppet med aktiv armbruk, hvilket kan ha hatt innvirkning på resultatene. Avhengig om man refererer til Moir et al. (2004) eller Cormack et al. (2008b) sin reliabilitet for hopphøyde fra CMJ (2,4-5,1% CV), indikerer variabelen i denne studien at spillere i gjennomsnitt opplever nevromuskulær tretthet i 24 til 48 timer etter fotballkamper på nivå tre i norsk fotball.

Russell et al. (2016) er den eneste som tidligere har sett på endringer i maks power fra et CMJ etter en fotballkamp. Her observerte man en endring på -9,3% ved POST24, og -7,4% ved POST48 i maks power hos profesjonelle fotballspillere etter offisielle fotballkamper i den engelske U21 serien. Det at Russell et al. (2016) fant noe større endringer enn hva som ble observert i denne studien kan muligens tilskrives det forskjeller i viktigheten av kampen, da treningskamper gjerne har lavere intensitet enn offisielle kamper (Nedelec et al., 2012). På en annen side hadde spillerne i gjeldende studie lik aktivitetsprofil, målt etter PlayerLoad, som hva Barrett et al. (2015) fant fra kamper i den engelske U21 serien. Tatt i betraktning variabelens CV (3,2%) er det

ikke sikkert det er noen reell forskjell mellom hva Russell et al. (2016) og gjeldende studie har observert.

Fotballspillere på nivå tre i norsk fotball ser ut til å behøve mer enn tre dager på å restituere seg fra en kamp. Det kan se ut som om FT:CT fra CMJ er den mest sensitive variabelen til å måle nevromuskulær tretthet, men resultatene må tolkes med varsomhet med tanke på spillernes test-retest variabilitet.

5.3 Treningsstatus, kampdata og endringer i tretthetsmarkører

5.3.1 Tretthet i kampen og tretthet etter kampen

Som beskrevet under 5.1.1 forekommer det tretthet mot slutten av fotballkampene. Tabell 5 viser at det er en sammenheng mellom tretthet i kamp og tretthet etter kamp i minst 72 timer.

Når PlayerLoad15 er brukt som intensitetsmål er sammenhengen stor mellom endring fra kampens første kvarter til kampens siste og ΔFT:CT ved alle posttester. Også for Δmaks power er det betydelige sammenhenger – veldig stor ved POST24, og moderat ved POST48 og POST72. Fall i intensitet fra innledende periode i kampen til periode mot slutten av kampen kan således se ut til å være koblet til nedsatt prestasjon på isolerte fysiske tester i dagene etter. Denne observasjonen er ikke blitt gjort tidligere. Det er likevel ikke et overraskende funn, da det er nærliggende å tro at årsakene som genererer tretthet i kamp er tilbøyelige også til å ha innflytelse på nevromuskulær tretthet etter kamp. Hvilke faktorer som er sentrale for funnene i denne studien kan det bare spekuleres i, og som Nedelec et al. (2012) sier kan alle faktorer fra sentralnervesystemet til selve energiproduksjonen i muskelcellen virke inn. Samtidig bidrar trolig *slow-positive* pacing-strategien hos startere i fotball og taktiske disposisjoner til å forsterke-, og faktorer knyttet til det unike kampbildet å påvirke-, disse sammenhengene (Lago-Penas, 2012; Waldron & Highton, 2014). Spesielt kan det tenkes at lag velger å spille med høyere intensitet i starten av kampen, da spillerne kan være ivrige til å sette sitt preg på den, og der en tidlig scoring kan gi et overtak (Rahnama, Reilly, & Lees, 2002).

Sammenhengen er mindre tydelig for HIA, hvor man observerer moderat til stor sammenheng mot endringer i hoppvariablene rett etter kamp og ett døgn etter, men ikke senere. Dette til tross for at forskjellene mellom første og siste kvarter i kampen relativt sett er større for HIA enn for PlayerLoad. Man kan derfor ikke forklare deler av trettheten man observerer to- og tre dager etter kamp, med den observerte nedgangen i HIA fra kampens første-til siste kvarter. HIA består utelukkende av telling av aksjoner over 2,5 $m \bullet s^{-2}$, mens PlayerLoad er et produkt av alle bevegelser, uavhengig av intensitet. Således er det gjerne naturlig at man observerer sterkere sammenhenger for PlayerLoad enn HIA.

5.3.2 Kampbelastning og tretthet etter kampen

Denne studien fant at det ser ut til å være en sammenheng mellom kampbelastning – arbeid i kamp eller opplevd anstrengelse av kampen i forhold til hvor godt trent man er – og endringen i hoppvariabler i timene og dagene etter kamp. Sammenhengen ble ikke observert for endringer i hopphøyde, men for ΔFT:CT og for Δmaks power ved POST72.

For FT:CT var sammenhengen aller størst når sRPE ble benyttet som mål på kampdata. Således kan det tenkes at interne mål på et arbeid kan være fordelaktig ovenfor eksterne, spesielt ettersom de nettopp er et mål på hvordan utøverne har respondert på arbeidet de har utført. For Δmaks power skiller POST72 seg fra de andre testtidspunktene, ved at det her er observert moderate sammenhenger mot indeksene for kampdata/treningsstatus. Figur 7 viser at gjennomsnittsverdien for maks power ved POST72 sannsynligvis var forskjellig fra PRE-1. Kanskje er det slik at individuelle forskjeller i restitusjonskinetikk er mer synlige ved POST72 i forhold til tidligere tidspunkt, ettersom noen ved dette tidspunktet gjerne er restituert etter kampen, mens andre enda ikke er det, og at det således er større spredning i data. Man ser imidlertid ikke det samme mønsteret for ΔFT:CT eller Δhopphøyde. Hoppvariablene må derfor være relativt forskjellige fra hverandre, ettersom spillernes endringer i variablene viser såpass forskjellig forhold mot nevnte indekser. En reduksjon i hopphøyde, vil gi en reduksjon i flytid – gitt man ikke trekker opp beina ved landing. Forskjellen mellom hopphøyde og FT:CT må derfor være kontraksjonstiden. Samtidig er også maks watt avhengig av tiden, da den reduseres

dersom spillerne bruker lengre tid på hoppet. I sum innebærer dette at det gjerne er spillernes økning i tid på å generere kraft som er mest interessant med tanke på nevromuskulær tretthet.

Den observerte sammenhengen mellom kampbelastning og restitusjonskinetikk i denne studien støttes av observasjonene til Draganidis et al. (2015) i fotball og Johnston et al. (2015) i Rugby League, som fant at spillere med høyere prestasjon på Yo-Yo test (henholdsvis level 2 og level 1) så ut til å restituere seg raskere i dagene etter kamp. Johnston et al. (2015) foreslår at spillere med velutviklet beinstyrke og evne til å løpe på høy intensitet i mindre grad utvikler nevromuskulær tretthet, grunnet høyere eksentrisk styrke, bedre utnyttelse av strekk-forkortningssyklus og mindre metabolsk forstyrrelse etter intensivt arbeid. I samme ånd beskriver Gabbett (2016) i en nylig oversiktsartikkel et dynamisk forhold mellom treningsmengde, treningsstatus, prestasjonsevne og skaderisiko, der høy treningsstatus kan virke beskyttende mot skader. Kanskje er det slik at godt trente spillere restituerer seg hurtigere enn dårlig trente, hvor de på den måten i mindre grad opplever en akkumulering av tretthet i intensive trenings- eller kampperioder, og at de således har en mindre risiko for å bli skadet. Eventuelt kan de, grunnet sin høye treningsstatus, arbeide på en lavere relativ intensitet i kampen enn de som er dårligere trent – gitt at kampen stiller like krav, og på den måten akkumulere mindre tretthet. Det vil i tilfellet være i kontrast til hva Johnston et al. (2015) observerte, og det er også nærliggende å tro at spillere med høy treningsstatus som en mulig spisskompetanse vil ta sikte mot å utnytte denne, med tanke på å heve sin fotballferdighet (Meylan et al., 2010).

Fotballkampen er uforutsigbar i sin natur, og man kan forvente høy kamp til kamp variabilitet for spilleres aktivitetsprofil (Gregson, Drust, Atkinson, & Salvo, 2010), samtidig som man kan forvente store forskjeller i aktivitetsprofil mellom spillere innad i et lag i en og samme kamp (Nedelec et al., 2012; Sarmento et al., 2014). Således er det trolig også høy kamp til kamp variabilitet i restitusjonskinetikk for en enkelt spiller, samtidig som det er stor inter-individuell variabilitet i restitusjonskinetikk innad i et lag. Sannsynligvis er det også andre faktorer enn faktorene som er blitt viet oppmerksomhet i denne masteroppgaven – treningsstatus og arbeid i kamp/opplevd anstrengelse av kampen – som kan være med å forklare forskjeller i restitusjonskinetikk, der alder, kjønn og forskjeller i muskelfibertype er

allerede nevnt (Nedelec et al., 2012), og hvor ernæring, rehydrering og søvn er andre sentrale faktorer (Nedelec et al., 2013).

5.4 Begrensninger med studien

5.4.1 Metodologiske begrensninger

For å kunne si noe om kampens betydning for prestasjonen i testene etter kamp, er det avgjørende at man har kontroll over forsøkspersonene sin aktivitet i tiden etter kamp. Spillerne i denne studien ble instruert til å rapportere all aktivitet de gjorde 72 timer etter kamp. Avsnitt 3.2 beskriver de som gjorde nettopp dette. Vi kan imidlertid ikke vite noe om aktiviteten til de spillerne som ikke har rapportert noe, annet enn at de ikke har rapportert.

Tabell 4 viser hvor mange forsøkspersoner som deltok på hvert testtidspunkt, hvilket var langt færre enn det totale antall spillere som deltok i studien, samt at det var en skjevhet, hvor antall spillere ble færre for hver posttest. Tabell 3 viser at det er posisjonelle forskjeller for PlayerLoad og HIA, som ikke ble analysert videre, grunnet få spillere per posisjon som hadde data fra samtlige posttester.

Enheten OptimEye S5 er ikke validert for måling av bevegelser i fotball, eller for andre idretter. Det er heller ikke blitt benyttet individuelle terskler for telling av HIA – relativ til maksimal akselerasjonsevne, men en absolutt grense. Prestasjon i CMJ er tett knyttet opp mot evnen til å akselerere (Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004). De mest spenstige spillerne i denne studien hoppet opp mot dobbelt så høyt som de minst spenstige. Således er det rimelig å anta at en akselerasjon på 2,5 $m \bullet s^{-2}$ kan kreve mer av en spiller som er svak til å akselerere enn en med veldig høy maksimal akselerasjonsevne. Derfor er det grunn til å tro at en absolutt grense på 2,5 $m \bullet s^{-2}$ for telling av HIA, ikke er helt optimalt. Det er i denne oppgaven også lyst spørsmålstegn rundt reliabiliteten til FT:CT, og således hvor anvendbar testen er. Kanskje ville man observert lavere %CV dersom forsøkspersonene hadde hatt mer enn tre tilvenninger, som Cormack et al. (2008b) benyttet i sin reliabilitets-studie. Likefult hadde spillerne i denne studien to tilvenninger til CMJ (Tilvenning og PRE-72), derfor er det tvilsomt at spillerne i denne studien hadde lavere test-retest variabilitet enn hva Cormack et al. (2008b) fant.

5.4.2 Fysiske prestasjonstester i fotballkontekst

Denne oppgaven har utelukkende fokusert på endringer i prestasjon på isolerte fysiske tester etter kamp. Man kan imidlertid ikke si noe om hvorvidt spillere er rede til å spille en ny kamp på bakgrunn av at prestasjonen på en fysisk er like bra som i uthvilt tilstand. Som beskrevet under 2.1.2 er fotballkampen submaksimal, og det ser ut til at man kan prestere i kamp, både fysisk så vel som teknisk-taktisk, selv under tilstand av tretthet (Carling et al., 2015). Paul et al. (2015) advarer således mot et 1-dimensjonelt fokus på fysiologisk tretthet, da en fotballkamp utfordrer det kognitive i en vell så stor grad som det fysiologiske gjennom konstant konsentrasjon, persepsjon og gjennom det å ta valg. Eksempelvis har nylige studier vist at mental tretthet påvirker prestasjonen i fotballspesifikke tester (Smith et al., 2015), og at stress påvirker en utøvers restitusjon negativt (Stults-Kolehmainen, Bartholomew, & Sinha, 2014). Ei heller kan man trekke noen slutninger rundt årsakene til de endringene man observerer i fysiske prestasjonstester. I så tilfelle anbefaler Nedelec et al. (2012) et testbatteri som kan gi kognitive, subjektive og biokjemiske data.

Denne studien har uttrykt treningsstatus ved prestasjon på Yo-Yo IR1. Testen er vist å kunne skille mellom nivå i fotball (Bangsbo et al., 2008), og den er responsiv (Fanchini et al., 2015). Imidlertid er det trolig mangelfullt å utelukkende beskrive fotballspilleres treningsstatus, -og dens betydning for restitusjonskinetikk, ved denne testen. Eksempelvis har Johnston et al. (2015) sett at beinstyrke kan ha en betydning for restitusjonskinetikk etter en rugby league kamp.

5.5 Praktisk anvendelse

5.5.1 Anbefalinger for fotball

Dersom ressurser er tilgjengelige bør fotballtrenere overvåke spillernes aktivitetsprofil i kamp, da de med stor nedgang i PlayerLoad fra kampens første kvarter til kampens siste kvarter sannsynligvis behøver lengre tid til å være klar til ny kamp. Videre bør trenere, i en fotballspesifikk kontekst, planlegge og gjennomføre trening i en så måte at spillerne utvikler høy treningsstatus, da høy treningsstatus kan føre til hurtigere restitusjonskinetikk. Det må tas høyde for at en kamp kan medføre tretthet i minst tre dager, og således må trening periodiseres med utgangspunkt i dette. Trenere bør være oppmerksomme i perioder med høy kamptetthet, da tidligere studier har sett at spillere

sannsynligvis akkumulerer tretthet i slike perioder, og har mye høyere risiko for å bli skadet (Dupont et al., 2010). Bruk av CMJ, med fokus på spesielt ΔFT:CT og Δmaks power, kan i slike perioder være nyttig, da disse variablene kan være sensitive til nevromuskulær tretthet.

5.5.2 Retningslinjer for fremtidige studier

En validering av OptimEye S5 og annen mikrosensorteknologi for bruk innen fotball er nødvendig. Dette er den første studien i fotball som ser på endringer i FT:CT etter en fotballkamp. Studier bør derfor også gjennomføres med profesjonelle fotballspillere, da disse kan tenkes å være forskjellige fra amatører. Cormack et al. (2013) fant at spillere endrer sin måte å bevege seg på under nevromuskulær tretthet, da den vertikale vektoren sitt bidrag til PlayerLoad reduseres under slik tilstand. En nylig studie av Buchheit, Gray, & Morin (2015) åpner for overvåkning av tretthet ved hjelp av mikrosensorteknologi, da slik teknologi muligens kan måle kontakttid og vertikal stivhet under løping. Fremtidige studier bør fokusere videre på dette, da det kan gi mulighet til å overvåke spillere direkte på treningsfeltet og under kamper.

de Hoyo et al. (2016) viser til at det er individuelle forskjeller i hopphøyde etter en fotballkamp. Fremtidige studier bør se på underliggende mekanismer – fysiologisk, kognitivt, subjektivt og biokjemisk – som kan være med på å forklare forskjeller i restitusjonskinetikk mellom individer. Det ville vært interessant å følge individer over flere kamper, både for å se %CV i kampdata, og %CV i restitusjonskinetikk fra dagene etter kamp. Det ville også vært interessant å gjennomføre studier tilsvarende Dupont et al. (2010), Carling et al. (2012) og Dellal et al. (2015), da med bruk av mikrosensorteknologi i plassen for TMA, samt teknisk-taktiske analyser, for å vurdere om spillere presterer dårligere når de er preget av tretthet.

6. Konklusjon

Fotballspillere på nivå tre i norsk fotball ser ut til å være påvirket av nevromuskulær tretthet i minst tre dager etter en fotballkamp. FT:CT og maks power fra CMJ forekommer å være de mest sensitive variablene til nevromuskulære tretthet, der endringene i variablene var størst 24 timer etter kamp (henholdsvis -9,5% og -5,7%), - og fremdeles tilstede 72 timer etter kamp (henholdsvis -6,1% og -2,0%). Data fra denne studien indikerer en sammenheng mellom fall i intensitet fra kampstart til kampslutt og negativ endring i markører for restitusjonsstatus etter kamp, da det ble observert moderat til veldig stor sammenheng mellom endring i PlayerLoad fra kampens første kvarter til kampens siste og endring i hoppvariablene FT:CT og maks power i 1-72 timer etter kamp. Det ble observert moderat til stor sammenheng mellom kampbelastning og endring i FT:CT ved alle tidspunkt etter kamp, samt for maks power ved POST72. Sannsynligvis er derfor høy treningsstatus en nøkkelfaktor med tanke på hurtig restitusjonskinetikk. Endringer i hoppvariabler, og da spesielt FT:CT og maks power, kan være nyttige markører for nevromuskulær tretthet i periodiseringen og overvåkningen av TL hos fotballspillere.

7. Referanser

Abbiss, C. R., & Laursen, P. B. (2008). Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Med, 38*(3), 239-252.

AFL. (2016). Laws of Australian Football. Hentet 02.05, 2016, fra http://s.afl.com.au/staticfile/AFL Tenant/AFL/Files/Images/2016 Laws of Australian Football.pdf

Akenhead, R., Hayes, P. R., Thompson, K. G., & French, D. (2013). Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. *J Sci Med Sport, 16*(6), 556-561. doi: 10.1016/j.jsams.2012.12.005

Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2015). Training Load and Player Monitoring in High-Level Football: Current Practice and Perceptions. *Int J Sports Physiol Perform*. doi: 10.1123/ijspp.2015-0331

Alexandre, D., da Silva, C. D., Hill-Haas, S., Wong del, P., Natali, A. J., De Lima, J. R., . . . Karim, C. (2012). Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *J Strength Cond Res, 26*(10), 2890-2906. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182429ac7

Altomfotball. (2016). Rosenborg. Hentet 05.02, 2016, fra http://www.altomfotball.no/element.do?cmd=tournament&tournamentId=1&useFullUrl=false

Andersson, H., Raastad, T., Nilsson, J., Paulsen, G., Garthe, I., & Kadi, F. (2008). Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: effects of active recovery. *Med Sci Sports Exerc, 40*(2), 372-380. doi: 10.1249/mss.0b013e31815b8497

Ascensao, A., Leite, M., Rebelo, A. N., Magalhaes, S., & Magalhaes, J. (2011). Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *J Sports Sci, 29*(3), 217-225. doi: 10.1080/02640414.2010.526132

Ascensao, A., Rebelo, A., Oliveira, E., Marques, F., Pereira, L., & Magalhaes, J. (2008). Biochemical impact of a soccer match - analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clin Biochem, 41*(10-11), 841-851. doi: 10.1016/j.clinbiochem.2008.04.008

Aughey, R. J. (2011). Applications of GPS technologies to field sports. *Int J Sports Physiol Perform, 6*(3), 295-310.

Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krustrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med, 38*(1), 37-51.

Bangsbo, J., Mohr, M., & Krustrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci, 24*(7), 665-674. doi: 10.1080/02640410500482529

Barrett, S., Midgley, A., Reeves, M., Joel, T., Franklin, E., Heyworth, R., . . . Lovell, R. (2015). The within-match patterns of locomotor efficiency during professional soccer match play: Implications for injury risk? *J Sci Med Sport*. doi: 10.1016/j.jsams.2015.12.514

Barrett, S., Midgley, A. W., Towlson, C., Garrett, A., Portas, M., & Lovell, R. (2016). Within-Match PlayerLoad Patterns During a Simulated Soccer Match: Potential Implications for Unit Positioning and Fatigue Management. *Int J Sports Physiol Perform, 11*(1), 135-140. doi: 10.1123/ijspp.2014-0582

Batterham, A. M., & Hopkins, W. G. (2005). Making Meaningful Inferences About Magnitudes. Hentet 20.04, 2016, fra http://www.sportsci.org

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. *Br J Sports Med, 47*(12), 743-747. doi: 10.1136/bjsports-2013-092383

Bergo, A., Johansen, P. A., Larsen, Ø., & Morisbak, A. (2002). *Ferdighetsutvikling i fotball*. Oslo: Akilles, Norges Fotballforbund.

Boyd, L. J., Ball, K., & Aughey, R. J. (2011). The reliability of MinimaxX accelerometers for measuring physical activity in Australian football. *Int J Sports Physiol Perform, 6*(3), 311-321.

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. *J Strength Cond Res, 24*(9), 2343-2351. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181aeb1b3

Brink, M. S., Frencken, W. G., Jordet, G., & Lemmink, K. A. (2014). Coaches' and players' perceptions of training dose: not a perfect match. *Int J Sports Physiol Perform, 9*(3), 497-502. doi: 10.1123/ijspp.2013-0009

Buchheit, M., Al Haddad, H., Simpson, B. M., Palazzi, D., Bourdon, P. C., Di Salvo, V., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Monitoring accelerations with GPS in football: time to slow down? *Int J Sports Physiol Perform, 9*(3), 442-445. doi: 10.1123/ijspp.2013-0187

Buchheit, M., Gray, A., & Morin, J. B. (2015). Assessing Stride Variables and Vertical Stiffness with GPS-Embedded Accelerometers: Preliminary Insights for the Monitoring of Neuromuscular Fatigue on the Field. *J Sports Sci Med, 14*(4), 698-701.

Bush, M. D., Archer, D. T., Hogg, R., & Bradley, P. S. (2015b). Factors influencing physical and technical variability in the English Premier League. *Int J Sports Physiol Perform, 10*(7), 865-872. doi: 10.1123/ijspp.2014-0484

Bush, M. D., Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., & Bradley, P. S. (2015a). Evolution of match performance parameters for various playing positions in the English Premier League. *Hum Mov Sci, 39*, 1-11. doi: 10.1016/j.humov.2014.10.003

Carling, C. (2013). Interpreting physical performance in professional soccer match-play: should we be more pragmatic in our approach? *Sports Med, 43*(8), 655-663. doi: 10.1007/s40279-013-0055-8

Carling, C., Gregson, W., McCall, A., Moreira, A., Wong del, P., & Bradley, P. S. (2015). Match running performance during fixture congestion in elite soccer: research issues and future directions. *Sports Med, 45*(5), 605-613. doi: 10.1007/s40279-015-0313-z

Carling, C., Le Gall, F., & Dupont, G. (2012). Are physical performance and injury risk in a professional soccer team in match-play affected over a prolonged period of fixture congestion? *Int J Sports Med, 33*(1), 36-42. doi: 10.1055/s-0031-1283190

Castellano, J., Alvarez-Pastor, D., & Bradley, P. S. (2014). Evaluation of research using computerised tracking systems (Amisco and Prozone) to analyse physical performance in elite soccer: a systematic review. *Sports Med, 44*(5), 701-712. doi: 10.1007/s40279-014-0144-3

CatapultSports. (2011). Sprint Help - Basketball: For Sprint 5.0 and subsquent releases. Hentet 04.02, 2014, fra http://www.catapultsports.com/

CatapultSports. (2013a). The science of winning. Hentet 08.02, 2016, fra http://larussport.hr/wp/wp-content/uploads/2013/07/catapult-catalog.pdf

CatapultSports. (2013b). Sprint Help - Inertial Movement Analysis (IMA): For Sprint 5.8 and subsequent releases. Hentet 18.05, 2015, fra http://www.catapultsports.com

Cormack, S. J., Mooney, M. G., Morgan, W., & McGuigan, M. R. (2013). Influence of neuromuscular fatigue on accelerometer load in elite Australian football players. *Int J Sports Physiol Perform, 8*(4), 373-378.

Cormack, S. J., Newton, R. U., & McGuigan, M. R. (2008a). Neuromuscular and endocrine responses of elite players to an Australian rules football match. *Int J Sports Physiol Perform, 3*(3), 359-374.

Cormack, S. J., Newton, R. U., McGuigan, M. R., & Doyle, T. L. (2008b). Reliability of measures obtained during single and repeated countermovement jumps. *Int J Sports Physiol Perform, 3*(2), 131-144.

Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review. *Sports Med, 43*(10), 1025-1042. doi: 10.1007/s40279-013-0069-2

Dalen, T., Ingebrigtsen, J., Ettema, G., Gjerde, G. H., & Wisloff, U. (2015). Player Load, Acceleration, and Deceleration during 45 Competitive Matches of Elite Soccer. *J Strength Cond Res*. doi: 10.1519/JSC.0000000000001063

Davies, M. J., Young, W., Farrow, D., & Bahnert, A. (2013). Comparison of agility demands of small-sided games in elite Australian football. *Int J Sports Physiol Perform, 8*(2), 139-147.

de Hoyo, M., Cohen, D. D., Sanudo, B., Carrasco, L., Alvarez-Mesa, A., Del Ojo, J. J., . . . Otero-Esquina, C. (2016). Influence of football match time-motion parameters on recovery time course of muscle damage and jump ability. *J Sports Sci*, 1-8. doi: 10.1080/02640414.2016.1150603

Delecluse, C. (1997). Influence of strength training on sprint running performance. Current findings and implications for training. *Sports Med, 24*(3), 147-156.

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. *Br J Sports Med, 49*(6), 390-394. doi: 10.1136/bjsports-2012-091290

Dellaserra, C. L., Gao, Y., & Ransdell, L. (2014). Use of integrated technology in team sports: a review of opportunities, challenges, and future directions for athletes. *J Strength Cond Res, 28*(2), 556-573. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182a952fb

Di Salvo, V., Pigozzi, F., Gonzalez-Haro, C., Laughlin, M. S., & De Witt, J. K. (2013). Match performance comparison in top English soccer leagues. *Int J Sports Med, 34*(6), 526-532. doi: 10.1055/s-0032-1327660

Draganidis, D., Chatzinikolaou, A., Avloniti, A., Barbero-Alvarez, J. C., Mohr, M., Malliou, P., . . . Fatouros, I. G. (2015). Recovery kinetics of knee flexor and extensor strength after a football match. *PLoS One, 10*(6), e0128072. doi: 10.1371/journal.pone.0128072

Dupont, G., Nedelec, M., McCall, A., McCormack, D., Berthoin, S., & Wisloff, U. (2010). Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *Am J Sports Med, 38*(9), 1752-1758. doi: 10.1177/0363546510361236

Edgecomb, S. J., & Norton, K. I. (2006). Comparison of global positioning and computer-based tracking systems for measuring player movement distance during Australian football. *J Sci Med Sport, 9*(1-2), 25-32. doi: 10.1016/j.jsams.2006.01.003

Ehrmann, F. E., Duncan, C. S., Sindhusake, D., Franzsen, W. N., & Greene, D. A. (2016). GPS and Injury Prevention in Professional Soccer. *J Strength Cond Res, 30*(2), 360-367. doi: 10.1519/JSC.0000000000001093

Ekstrand, J., Hagglund, M., & Walden, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med, 39*(6), 1226-1232. doi: 10.1177/0363546510395879

Fanchini, M., Schena, F., Castagna, C., Petruolo, A., Combi, F., McCall, A., & Impellizzeri, M. (2015). External Responsiveness of the Yo-Yo IR Test Level 1 in High-level Male Soccer Players. *Int J Sports Med, 36*(9), 735-741. doi: 10.1055/s-0035-1547223

Fatouros, I. G., Chatzinikolaou, A., Douroudos, II, Nikolaidis, M. G., Kyparos, A., Margonis, K., . . . Jamurtas, A. Z. (2010). Time-course of changes in oxidative

stress and antioxidant status responses following a soccer game. *J Strength Cond Res, 24*(12), 3278-3286. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b60444

FIFA. (2015a). Approval of Electronic Performance and Tracking Systems (EPTS) devises. Hentet 27.01.2016, fra http://resources.fifa.com/mm/document/affederation/administration/02/66/27/59/circularno.1494-approvalofelectronicperformanceandtrackingsystem(epts)devices_neutral.pdf

FIFA. (2015b). Laws of the game. Hentet 25.05, 2016, fra http://www.fifa.com/mm/Document/FootballDevelopment/Refereeing/02/36/01/11/LawsofthegamewebEN_Neutral.pdf

Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., . . . Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res, 15*(1), 109-115.

Gabbett, T. J. (2016). The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sports Med, 50*(5), 273-280. doi: 10.1136/bjsports-2015-095788

Gallo, T., Cormack, S., Gabbett, T., Williams, M., & Lorenzen, C. (2015). Characteristics impacting on session rating of perceived exertion training load in Australian footballers. *J Sports Sci, 33*(5), 467-475. doi: 10.1080/02640414.2014.947311

Gaudino, P., Iaia, F. M., Strudwick, A. J., Hawkins, R. D., Alberti, G., Atkinson, G., & Gregson, W. (2015). Factors Influencing Perception of Effort (Session Rating of Perceived Exertion) During Elite Soccer Training. *Int J Sports Physiol Perform, 10*(7), 860-864. doi: 10.1123/ijspp.2014-0518

Giulianotti, R., & Robertson, R. (2004). The globalization of football: a study in the glocalization of the 'serious life'. *Br J Sociol, 55*(4), 545-568. doi: 10.1111/j.1468-4446.2004.00037.x

GPSports. (2012). What is New BodyLoad. Hentet 08.05, 2016, fra http://www.gpsports.com/support/UnderstandingBodyLoad.pdf

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. doi: 10.1055/s-0030-1247546

Hagglund, M., Walden, M., Magnusson, H., Kristenson, K., Bengtsson, H., & Ekstrand, J. (2013). Injuries affect team performance negatively in professional football: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *Br J Sports Med, 47*(12), 738-742. doi: 10.1136/bjsports-2013-092215

Holme, B. (2015). *Wearable microsensor technology to measure physical activity demands in handball.* (Masteroppgave), Norges Idrettshøgskole, Oslo.

Hopkins, W. G. (2006). Spreadsheets for Analysis of Controlled Trials, with Adjustment for a Subject Characteristic. Hentet 20.04., 2016, fra http://www.sportsci.org

Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc, 41*(1), 3-13. doi: 10.1249/MSS.0b013e31818cb278

Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc, 36*(6), 1042-1047.

Ingebrigtsen, J., Dalen, T., Hjelde, G. H., Drust, B., & Wisloff, U. (2015). Acceleration and sprint profiles of a professional elite football team in match play. *Eur J Sport Sci, 15*(2), 101-110. doi: 10.1080/17461391.2014.933879

Ispirlidis, I., Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Michailidis, I., Douroudos, I., . . . Taxildaris, K. (2008). Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clin J Sport Med, 18*(5), 423-431. doi: 10.1097/JSM.0b013e3181818e0b

Johnston, R. D., Gabbett, T. J., Jenkins, D. G., & Hulin, B. T. (2015). Influence of physical qualities on post-match fatigue in rugby league players. *J Sci Med Sport, 18*(2), 209-213. doi: 10.1016/j.jsams.2014.01.009

Kelly, S. J., Murphy, A. J., Watsford, M. L., Austin, D., & Rennie, M. (2015). Reliability and validity of sports accelerometers during static and dynamic testing. *Int J Sports Physiol Perform, 10*(1), 106-111. doi: 10.1123/ijspp.2013-0408

Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., . . . Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc, 35*(4), 697-705. doi: 10.1249/01.MSS.0000058441.94520.32

Krustrup, P., Ortenblad, N., Nielsen, J., Nybo, L., Gunnarsson, T. P., Iaia, F. M., . . . Bangsbo, J. (2011). Maximal voluntary contraction force, SR function and glycogen resynthesis during the first 72 h after a high-level competitive soccer game. *Eur J Appl Physiol, 111*(12), 2987-2995. doi: 10.1007/s00421-011-1919-y

Lago-Penas, C. (2012). The role of situational variables in analysing physical performance in soccer. *J Hum Kinet, 35*, 89-95. doi: 10.2478/v10078-012-0082-9

Lambert, M. I., & Borresen, J. (2010). Measuring training load in sports. *Int J Sports Physiol Perform, 5*(3), 406-411.

Magalhaes, J., Rebelo, A., Oliveira, E., Silva, J. R., Marques, F., & Ascensao, A. (2010). Impact of Loughborough Intermittent Shuttle Test versus soccer match on physiological, biochemical and neuromuscular parameters. *Eur J Appl Physiol, 108*(1), 39-48. doi: 10.1007/s00421-009-1161-z

Malone, J. J., Di Michele, R., Morgans, R., Burgess, D., Morton, J. P., & Drust, B. (2015). Seasonal training-load quantification in elite English premier league soccer players. *Int J Sports Physiol Perform, 10*(4), 489-497. doi: 10.1123/ijspp.2014-0352

Meylan, C., Cronin, J., Oliver, J., & Hughes, M. (2010). Talent Identification in Soccer: The Role of Maturity Status on Physical, Physiological and Technical Characteristics. *International Journal of Sports Science & Coaching, 5*(4), 571-592. doi: Doi 10.1260/1747-9541.5.4.571

Mohr, M., Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: a brief review. *J Sports Sci, 23*(6), 593-599. doi: 10.1080/02640410400021286

Moir, G., Button, C., Glaister, M., & Stone, M. H. (2004). Influence of familiarization on the reliability of vertical jump and acceleration sprinting performance in physically active men. *J Strength Cond Res, 18*(2), 276-280. doi: 10.1519/R-13093.1

Mooney, M. G., Cormack, S., O'Brien B, J., Morgan, W. M., & McGuigan, M. (2013). Impact of neuromuscular fatigue on match exercise intensity and performance in elite Australian football. *J Strength Cond Res, 27*(1), 166-173. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182514683

Nedelec, 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. doi: 10.2165/11635270-000000000-00000

Nedelec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2013). Recovery in soccer : part ii-recovery strategies. *Sports Med, 43*(1), 9-22. doi: 10.1007/s40279-012-0002-0

Nedelec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2014). The influence of soccer playing actions on the recovery kinetics after a soccer match. *J Strength Cond Res, 28*(6), 1517-1523. doi: 10.1519/JSC.0000000000000293

Nicol, C., Avela, J., & Komi, P. V. (2006). The stretch-shortening cycle : a model to study naturally occurring neuromuscular fatigue. *Sports Med, 36*(11), 977-999.

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. *Med Sci Sports Exerc, 42*(1), 170-178. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181ae5cfd

Paul, D. J., Bradley, P. S., & Nassis, G. P. (2015). Factors affecting match running performance of elite soccer players: shedding some light on the complexity. *Int J Sports Physiol Perform, 10*(4), 516-519. doi: 10.1123/IJSPP.2015-0029

Rahnama, N., Reilly, T., & Lees, A. (2002). Injury risk associated with playing actions during competitive soccer. *Br J Sports Med, 36*(5), 354-359.

Rampinini, E., Alberti, G., Fiorenza, M., Riggio, M., Sassi, R., Borges, T. O., & Coutts, A. J. (2015). Accuracy of GPS devices for measuring high-intensity running in field-based team sports. *Int J Sports Med, 36*(1), 49-53. doi: 10.1055/s-0034-1385866

Rampinini, E., Bosio, A., Ferraresi, I., Petruolo, A., Morelli, A., & Sassi, A. (2011). Match-related fatigue in soccer players. *Med Sci Sports Exerc, 43*(11), 2161-2170. doi: 10.1249/MSS.0b013e31821e9c5c

Randers, M. B., Mujika, I., Hewitt, A., Santisteban, J., Bischoff, R., Solano, R., . . . Mohr, M. (2010). Application of four different football match analysis systems: a comparative study. *J Sports Sci, 28*(2), 171-182. doi: 10.1080/02640410903428525

Russell, M., Sparkes, W., Northeast, J., Cook, C. J., Bracken, R. M., & Kilduff, L. P. (2016). Relationships between match activities and peak power output and Creatine Kinase responses to professional reserve team soccer match-play. *Hum Mov Sci, 45*, 96-101. doi: 10.1016/j.humov.2015.11.011

Russell, M., Sparkes, W., Northeast, J., Cook, C. J., Love, T. D., Bracken, R. M., & Kilduff, L. P. (2014). Changes in acceleration and deceleration capacity throughout professional soccer match-play. *J Strength Cond Res*. doi: 10.1519/JSC.0000000000000805

Sarmento, H., Marcelino, R., Anguera, M. T., CampaniCo, J., Matos, N., & LeitAo, J. C. (2014). Match analysis in football: a systematic review. *J Sports Sci, 32*(20), 1831-1843. doi: 10.1080/02640414.2014.898852

Saw, A. E., Main, L. C., & Gastin, P. B. (2015). Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *Br J Sports Med*. doi: 10.1136/bjsports-2015-094758

Schuth, G., Carr, G., Barnes, C., Carling, C., & Bradley, P. S. (2016). Positional interchanges influence the physical and technical match performance variables of elite soccer players. *J Sports Sci, 34*(6), 501-508. doi: 10.1080/02640414.2015.1127402

Schutz, Y., & Chambaz, A. (1997). Could a satellite-based navigation system (GPS) be used to assess the physical activity of individuals on earth? *Eur J Clin Nutr, 51*(5), 338-339.

Scott, B. R., Lockie, R. G., Knight, T. J., Clark, A. C., & Janse de Jonge, X. A. (2013). A comparison of methods to quantify the in-season training load of professional soccer players. *Int J Sports Physiol Perform, 8*(2), 195-202.

Scott, M. T., Scott, T. J., & Kelly, V. G. (2015). The validity and Reliability of Global Positioning Systems In Team Sport: A Brief Review. *J Strength Cond Res*. doi: 10.1519/JSC.0000000000001221

Silva, J. R., Ascensao, A., Marques, F., Seabra, A., Rebelo, A., & Magalhaes, J. (2013). Neuromuscular function, hormonal and redox status and muscle damage of professional soccer players after a high-level competitive match. *Eur J Appl Physiol, 113*(9), 2193-2201. doi: 10.1007/s00421-013-2633-8

Smith, M. R., Coutts, A. J., Merlini, M., Deprez, D., Lenoir, M., & Marcora, S. M. (2015). Mental Fatigue Impairs Soccer-Specific Physical and Technical Performance. *Med Sci Sports Exerc*. doi: 10.1249/MSS.0000000000000762

Stults-Kolehmainen, M. A., Bartholomew, J. B., & Sinha, R. (2014). Chronic psychological stress impairs recovery of muscular function and somatic sensations over a 96-hour period. *J Strength Cond Res, 28*(7), 2007-2017. doi: 10.1519/JSC.0000000000000335

Van Gool, D., Van Gerven, D., Boutmans, J.,. (1988). The physiological load imposed on soccer players during real match-play. I T. Reilly, Lees, A., Davis, K., Murphy, WJ., (Ed.), *Science and football I.* London: E & F.N. Spon.

Varley, M. C., & Aughey, R. J. (2013). Acceleration profiles in elite Australian soccer. *Int J Sports Med, 34*(1), 34-39. doi: 10.1055/s-0032-1316315

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. doi: 10.1080/02640414.2011.627941

Waldron, M., & Highton, J. (2014). Fatigue and pacing in high-intensity intermittent team sport: an update. *Sports Med, 44*(12), 1645-1658. doi: 10.1007/s40279-014-0230-6

Wehbe, G. M., Hartwig, T. B., & Duncan, C. S. (2014). Movement analysis of Australian national league soccer players using global positioning system technology. *J Strength Cond Res, 28*(3), 834-842. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182a35dd1

Wisloff, 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. *Br J Sports Med, 38*(3), 285-288.

Tabelloversikt

Tabell 1 – Tidligere studier av fotballkamp(er) med påfølgende fysiske prestasjonstester……..……s. 21

Tabell 2 – Beskrivelse av deltagende lag. Data er i gjennomsnitt ± SD.……....s. 26

Tabell 3 – viser PlayerLoad15 og HIA15 fra kampen, delt inn i 15-minutters perioder, for ulike spillerposisjoner. Spillerne inkludert i analysene spilte minimum 80% av alle kampperioder (Q1 - Q6). Data er i gjennomsnitt (±90% CL)……..s. 36

Tabell 4 – oversikt over tretthetsmarkører etter kamp, samt antall deltakere per testtidspunkt for de som spilte minimum 80% av kampen. Data er i gjennomsnitt ± SD…….s. 37

Tabell 5 – Korrelasjoner mellom forskjeller i intensitet mellom første- (Q1), fjerde- (Q4) og siste- (Q6) kvarter i kampen, for PlayerLoad og HIA og endring i hoppvariabler – i forhold til PRE-1. Spillere med minimum 80% spilletid av kampperiodene (Q1, Q4 og Q6), -og data fra alle posttester, er inkludert i analysene. ……..……..…….s. 40

Tabell 6 – Korrelasjoner mellom kampbelastning og endring i hoppvariabler i forhold til PRE-1. Høy indeks indikerer at spilleren har utøvd, eller rapportert, et stort arbeid i kamp i forhold til treningsstatus, uttrykt ved Yo-Yo IR1 resultat. Spillere med data fra alle posttester, samt registreringer av sRPE og kampdata fra OptimEye S5, er inkludert i analysene…….s. 40

Figuroversikt

Figur 1 – Fotballferdigheten, hentet fra Bergo et al. (2002)……..……..s. 9

Figur 2 – PlayerLoad er summasjon av akselerasjoner a_y (- fremover), a_x (-til sidene) og a_z (vertikalt), hentet fra Boyd et al. (2011)……s. 15

Figur 3 – Forenklet oversikt over studien. Sorte piler er måling av tretthetsmarkører, hvite piler er mål på kampdata. IT: integrert teknologi, sRPE: session rate of perceived exertion. Tilvenning= 6 dager før kamp, PRE-72= 3 dager før kamp, PRE-1= 1 time før kamp, POST1= 1 time etter kamp, POST24= 24 timer etter kamp, POST48= 48 timer etter kamp, POST72= 72 timer etter kamp. …….s. 27

Figur 4 – Oversikt over plassering av noder, vist ved N (venstre), med eksempel fra LSK-hallen (midtre), og nærbilde av node (høyre). …….……..…….s. 28

Figur 5 – Enhetene OptimEye T5 (1. fv.) og S5 (2. fv.), og vesten, med enhetene (3. fv.), slik den så ut under drakten under kamp (4. fv.). …….....….s. 29

Figur 6 – PlayerLoad (øverst) og høy-intensive aksjoner (nederst) per 15 min perioder (n=44). Akselerasjoner-, deselerasjoner-, retningsforandring til høyre-, retningsforandring til venstre- og hopp over 2,5 $m \bullet s^{-1}$ inngår i HIA. Forskjeller mellom ulike perioder i kampen er vist som sannsynlig (*), svært sannsynlig (#) og nesten helt sikkert ($). Q1=0-15min, Q2=15-30min, Q3=30-45 min, Q4=45-60min, Q5=60-75min, Q6=75-90min. Data er i gjennomsnitt ±90% CL. …….s. 35

Figur 7 – Endring i hopphøyde (sort), FT:CT (grå), og maks power (hvit) fra CMJ fra PRE-1 til POST72 (n=21). Forskjeller mellom posttester og PRE-1 er vist som sannsynlig (*), svært sannsynlig (#) og nesten helt sikkert ($). Data er i gjennomsnitt ±90% CL. …….…….s. 38

*Figur 8 – Endring i tid på 10m og 30m ved POST72 i forhold til PRE-72. * indikerer en sannsynlig forskjell mellom tidspunktene. Data er i gjennomsnitt ±90% CL…..s. 39*

Forkortelser

AU	Arbitrære enheter
CL	Konfidensintervall
CMJ	Counter movement jump
CV	Variasjonskoeffisient
FT:CT	Flight time: contraction time
GPS	Globalt posisjoneringssystem
HIA	Høy-intensive aksjoner
HIA15	Antall HIA for 15-minutters perioder i kampen
HIR	Høyintensitetsløping
IMA	Inertial movement analysis
IT	Integrert teknologi
LPS	Lokalt posisjoneringssystem
PlayerLoad15	PlayerLoad for 15-minutters perioder i kampen
POST1	Test 1 time etter kamp
POST24	Test 24 timer etter kamp
POST48	Test 48 timer etter kamp
POST72	Test 72 timer etter kamp
PRE-1	Test 1 time før kamp
PRE-72	Test 72 timer før kamp
sRPE	Session rate of perceived exertion
SD	Standardavvik
SWD	Smallest worthwhile difference
TL	Treningsbelastning
TMA	Time-motion analyser
Yo-Yo IR1	Yo-Yo intermittent recovery test level 1

Vedlegg

(i) Informasjonsskriv til forsøkspersoner

(ii) Spørreskjema

(i) Informasjonsskriv til forsøkspersoner

NORGES IDRETTSHØGSKOLE

Oktober, 2015

Forespørsel om deltakelse som forsøksperson

Kampbelastning og påfølgende restitusjon i fotball
Dette skrivet er til alle potensielle forsøkspersoner. Dette er et spørsmål til deg om å delta i en forskningsstudie for å øke kunnskapen om den fysiske belastningen i en fotballkamp og den påfølgende restitusjonen. Denne kunnskapen er viktig for å kunne styre belastningen optimalt og sette inn riktige restitusjonstiltak gjennom en treningsuke og på den måten øke prestasjonsevne og forebygge skader.

I studien skal det spilles en ordinær fotballkamp med bærbare mikrosensorer (inkl. akselerometer, gyroskop, magnetometer, GPS, pulsmåler) som gjør det mulig å måle fysiske belastning, deriblant høyintense bevegelser som akselerasjoner, oppbremsinger, retningsforandringer, hopp og dueller. I forkant, og i de påfølgende tre dagene etter kampen skal du gjennomføres fysiske tester og subjektive rapporteringer for å overvåke restitusjonsprosessen og prestasjonsevnen. Hos noen spillere skal det undersøkes i hvilken grad en kamp fører til muskeløndeleggelser, og hvordan musklenes energilagre benyttes. Hos disse enkeltspillerne skal det tas blodprøver og muskelbiopsier. Gjennom å delta i studien vil du få data om deg selv som kan være nyttig for deg som fotballspiller.

Personvern
Vi vil kun lagre informasjon om deg under ditt forsøkspersonnummer. Underveis i forsøket vil vi oppbevare en kodeliste med navn og forsøkspersonnummer. Denne kodelisten vil fysisk være låst inne, slik at det er kun forskerne tilknyttet studien som har adgang til den. Alle som får innsyn i informasjon om deg har taushetsplikt. Innsamlet data vil bli anonymisert etter 15 år (kodelisten destrueres). Alle prøver vil analyseres "blindet", det vil si at forskerne som utfører den enkelte analysen ikke vet hvilken forsøksperson prøven kommer fra (verken forsøkspersonnummer eller gruppe). Prøver vil bli analysert ved NIH (biopsier), og Universitetet i Odense, Danmark (biopsier).
Det vil ikke være mulig å identifisere deg i resultatene av studien når disse publiseres eller presenteres.

Biobank
Biopsiene og blodprøvene vil bli oppbevart i en forskningsbiobank uten kommersielle interesser (vurdert av Regional Etisk Komite). Hvis du sier ja til å delta i studien, gir du også samtykke til at det biologiske materialet og analyseresultater inngår i biobanken. Prøvene vil bli lagret til år 2028. Ansvarlig for biobanken er Dr. Truls Raastad ved Seksjon for fysisk prestasjonsevne ved NIH. Det biologiske materialet kan bare brukes etter godkjenning fra Regional komité for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK). Hvis du sier ja til å delta i studien, gir du også ditt samtykke til at prøver og avidentifiserte opplysninger utleveres til Universitet i Odense.

Innsynsrett og oppbevaring av materiale
Hvis du sier ja til å delta i studien, har du rett til å få innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg. Du har videre rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene vi har registrert. Dersom du trekker deg fra studien, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner.

Informasjon om utfallet av studien
Etter at data er innsamlet og analysert vil vi avholde et møte for alle forsøkspersonene der vi presenterer resultatene fra studien.

Forsikring
Deltakere i prosjektet er forsikret dersom det skulle oppstå skade eller komplikasjoner som følge av deltakelse i forskningsprosjektet. NIH er en statlig institusjon og er således selvassurandør. Dette innebærer at det er NIH som dekker en eventuell erstatning og ikke et forsikringsselskap.

Finansiering
Prosjektet er finansiert av Norges idrettshøgskole og i tillegg vil det bli søkt om finansiering fra Norges fotballforbund.

Publisering
Resultatene fra studien vil offentliggjøres i internasjonale, fagfellevurderte tidsskrift. Du vil få tilsendt artiklene hvis du ønsker det.

Samtykke
Hvis du har lest informasjonsskrivet og ønsker å være med som forsøksperson i prosjektet, ber vi deg undertegne "Samtykke om deltakelse" og returnere dette til en av personene oppgitt nedenfor. Du bekrefter samtidig at du har fått kopi av og lest denne informasjonen. Det er frivillig å delta og du kan når som helst trekke deg fra prosjektet uten videre begrunnelse. Alle data vil, som nevnt ovenfor, bli avidentifisert før de blir lagt inn i en database, og senere anonymisert.

Med vennlig hilsen

Håvard Wiig , *Prosjektkoordinator*
Professor Truls Raastad, *Prosjektleder*
1. Amanuensis Matt Spencer, *Prosjektleder*

Samtykke (sett kryss)

☐ Jeg har lest og forstått informasjonen ovenfor og gir mitt samtykke til å samle inn disse dataene om meg, og at de innsamlede dataene kan presenteres og publiseres som vitenskapelig forskning. Jeg samtykker også til at det tas video og bilder, men at de publiseres uten navn og uten tilknytning til andre data.

☐ Jeg gir mitt samtykke til at det tas blodprøver.

☐ Jeg gir mitt samtykke til at det tas blodprøver og muskelbiopsier. Å avgi biopsier kan oppleves ubehagelig, og du vil få sår, og senere små arr i huden der biopsiene er tatt. Det er derimot ikke farlig, og sårene vil gro på omtrent en uke.

Sted, dato	Navn	Mobil-nummer

Signatur

(ii) Spørreskjema

ID-nummer:
Alder:

Svar på spørsmålene så ærlig som mulig.

Treningshistorikk

2-1 Hvor mange treningsøkter har du hatt i uken i gjennomsnitt denne høsten? Skriv omtrentlig antall og fordelingen mellom lag- og individuelle økter:

Totalt: Lagsøkter: Individuelle økter:

2-2 Hvordan har treningsmengden vært de siste 7 dagene i forhold til en gjennomsnittsuke i høst? (sett ring)

betydelig mindre | noe mindre | normalt | noe mer | betydelig mer

Skadehistorikk:

3-1 Har du vært skadet i høst?

Hvordan? Hvor lenge har du vært borte fra trening og kamp?

3-2 Har du vært skadet under gjennomføringen av dette prosjektet?

Hvordan/hvor? I hvilken grad?

Kosthold

4-1 Spiste du normalt i går?

4-2 Spiste du normalt før kampen i dag?

4-3 Har du inntatt koffein i dag?

Hva? Hvor mye? Når?

4-4 Drakk du alkohol i går?

Hvor mye (enheter)?

Kampen i dag

5-1 Hvor sliten ble du i forhold til en gjennomsnittskamp denne sesongen? (sett ring)

betydelig mindre sliten | noe mindre sliten | normalt | noe mer sliten | betydelig mer sliten

5-2 Hvor mye løp du i forhold til en gjennomsnittskamp denne sesongen ? (sett ring)

betydelig mindre | noe mindre | normalt | noe mer | betydelig mer

5-3 Hvor godt følte du at du spilte i forhold til en gjennomsnittskamp denne sesongen? (sett ring)

betydelig dårligere | noe dårligere | normalt | noe bedre | betydelig bedre

5-4 Hvor anstrengende var kampen på RPE skalaen i dag? (sett ring rundt det som passer)

0 Hvile
1 Veldig, veldig lett
2 Veldig lett
3 Lett
4 Moderat
5 Litt hard
6 Hard
7
8 Veldig hard
9
10 Maksimal

5-5 Fikk du noen støtskader i muskulaturen ("lår/legg-høner")? Hvis ja, hvor kraftig?

ingen | ja → | liten | medium | kraftig

1