



UiT Norges arktiske universitet

Idrettshøgskolen, Det Helsevitenskapelige Fakultet

Sammenhengen mellom kampresultat og fysisk prestasjonsevne i elitefotball

Joakim Amandus Nilsen, kandidatnummer 7

IDR-3901, Masteroppgave i Idrettsvitenskap, Høst/Vår 2020-2021

Innholdsfortegnelse

1	Forord	5
2	Artikkel.....	6
2.1	Sammendrag	6
2.2	Abstract.....	7
2.3	Introduksjon.....	8
2.4	Metode	9
2.4.1	Design.....	9
2.4.2	Deltakere	9
2.4.3	Målemetoder og utfallsvariabler	10
2.4.4	Statistiske analyser	11
2.5	Resultat	11
2.6	Diskusjon	16
2.6.1	Styrker og svakheter	17
2.7	Konklusjon.....	18
2.8	Referanser artikkel.....	18
3	Kunnskapsgrunnlag masterkappe.....	1
3.1	Forkortelser.....	1
4	Kunnskapsgrunnlag	2
4.1	Fysiske krav i fotball	2
4.2	Posisjonelle forskjeller i fysiske krav i fotball	5
4.3	Energifrigjøring under fotballkamp.....	6
4.3.1	Ernæringsbehov i fotball(32)	8
4.4	Tretthetsutvikling i fotball	10
4.5	Oppsummering, fysiske krav i fotball.	12
4.6	Relevant fysiske tester i fotball	12
		2

4.6.1	Repeterte sprinttest	12
4.6.2	Anaerobe tester	13
4.6.3	Hopp tester	14
4.6.4	Retningsforandringstester og agility	15
4.6.5	Styrketester	16
4.6.6	Maksimalt oksygenopptak	17
4.6.7	Validitet og reliabilitet	18
4.7	Monitoreringssystemer i fotball	19
4.7.1	Global Positioning system (GPS)	19
4.7.2	Radiobølger	20
4.7.3	Akselerometri	20
4.7.4	Videoanalyser	21
4.7.5	Hjertefrekvensmålinger	22
4.7.6	Subjektive rapporteringer	22
5	Vitenskapssyn	23
6	Referanseliste Kunnskapsgrunnlag	25
7	Vedlegg	32

Tabelliste

Tabell 1. Total distanse, HIR, Sprint, AKS og topphastighet mellom seier, uavgjort og tap. 12

Tabell 2. Total distanse, HIR, Sprint, AKS og topphastighet mellom seier, uavgjort og tap, stratifiser på sesong. KI=konfidensintervall..... 13

Figurliste

Figur 1. Topphastighet i løpet av 90 minutter. Data vises som gjennomsnitt og 95% KI justert for posisjon. KI=konfidensintervall. 13

Figur 2. Totaldistanse, HIR og Sprint som prosentvis de siste 15 minuttene. Data vises som gjennomsnitt og 95% KI justert for posisjon. HIR=høyhastighetsløp, KI=konfidensintervall.	15
Figur 3. Figuren illustrerer en repetert sprint test, hvor spilleren løper fra start rett frem 10, 20, 30 eller 40 meter, og logger så rolig tilbake til start. Figuren er vist med tillatelse fra Edvard Sagelv.	13
Figur 4. Figuren illustrer en yoyo-test hvor deltakeren springer fra kjegle B til C før signalet, vender 180° og løper tilbake til kjegle B før signalet, og deretter går rolig fra kjegle B til A og tilbake før neste signal. Hentet fra Yo-Yo test 10.05.2021, link: <i>https://www.theyoyotest.com/versions-which-one.htm</i>	14
Figur 5. Bildet illustrerer en countermovement jump test ved 1) startposisjon, 2) svikt i knærne med hendene på hofta og 3) svevfasen før kraftplattformen registrerer landing. Hentet fra Track Football Consortium 10.05.2021, link: <i>https://trackfootballconsortium.com/countermovement-and-squat-jump/</i>	15
Figur 6. Figuren illustrerer en Illionos-test for retningsforandringer. Figuren er hentet fra Thapos.com, dato: 10.05.2021, link: <i>https://thapos.com/sports-library/test-track-progress/assess/all-sports/physical-condition/119/illinois-agility-test</i>	16
Figur 7. Bildet illustrerer forskjellig knevinkel for Knebøy. Det mest relevante for fotballspillere er sannsynligvis 90° i kneleddet.....	17

1 Forord

Masteroppgaven kan sammenlignes som en evig lang 90 minutters fotballkamp. Det er trener, lagspillere og ikke minst de som gjør den usynlige jobben som skal takkes for at jeg har fullført dette. Hvor kanskje den største manageren jeg har spilt under som har vært min super veileder Edvard Hamnvik Sagelv som har veiledet meg gjennom denne oppgaven. Jeg vil også rette en takk til Svein Arne Pettersen med tilgang til data og innspill om forskningsspørsmål. I tillegg kommer man ikke utenom at i et fotballag har man 10 andre medspillere. De medspillerne er uten tvil min familie som har sørget for å støtte og gitt meg oppmuntrende ord når trøttheta har stått på som verst. Når det kommer til de usynlige og som også har gjort en god jobb med å motivere, heie og bare være til stede har vært mine venner. I tillegg vil jeg gjerne takke UiT Norges Arktiske Universitet for en fantastisk reise med flinke forelesere og medstudenter. I løpet av en fotballsesong kan man starte meget sterkt, få en liten formdupp, før man tar opp hansker når det hele skal avgjøres.

2 Artikkel

2.1 Sammendrag

Introduksjon: Det scores flest mål i elitefotball i løpet av de siste 15 minuttene. Det kan være forklart med mer tretthet i løpet av kampen og derfor være påvirket av fysisk prestasjonsevne hos fotballspillere. Hensikten med denne studien var å undersøke forskjeller i høyhastighetsløp (HIR) og sprintdistanse (S), totale distanse (TD), og akselerasjonsaksjoner (ACC + -) i kamper som ender med seier, uavgjort og tap som totalt gjennom hele kampen og i løpet av de siste 15 minutter.

Metode: Jeg brukte ZXY Sport Tracking-data (radiobølgeteknologi) i hjemmekamper til et norsk eliteserielag over to sesonger, som inkluderte 23 spillere og 28 runder (14 runder hver sesong). Jeg brukte «mixed linear models» for å undersøke forskjeller HIR, S, TD, ACC +, -, og topphastighet mellom tap, uavgjort og seier, som totalt gjennom hele kampen (90 minutter) og i løpet av de siste 15 minuttene som prosent av total distanse.

Resultat: Jeg fant ingen forskjell mellom resultat i kampene for totaldistanse ($p=0.44$), HIR ($p=0.12$), Sprint ($p=0.15$), AKS TOTAL ($p=0.56$) AKS pluss ($p=0.57$), AKS minus ($p=0.58$) og topphastighet ($p=0.88$) over 90 minutter. For prosentvis de siste 15 minuttene var det ingen forskjell mellom resultat og totaldistanse ($p=0.52$), HIR ($p=0.63$), Sprint ($p=0.54$), AKS TOTAL ($p=0.66$) AKS pluss ($p=0.11$), AKS minus ($p=0.67$) og topphastighet ($p=0.75$).

Konklusjon: Resultatet i fotballkamper kan ikke gjenspeiles i målinger av fysisk prestasjonsevne hos elitefotballspillere med monitoreringssystem. Dette indikerer at andre faktorer enn løpsevnen påvirker resultat i elitefotball, både totalt og innenfor høye hastigheter.

Nøkkelord: monitorering, tretthetsutvikling, kampresultat, spillerposisjon

2.2 Abstract

Introduction: Most goals in elite football are scored in the last 15 minutes. It may be explained by more fatigue throughout the match and therefore be affected by the physical performance of the players. The purpose of this study was to examine the differences between high-speed running (HIR) and sprint distance (S), total distance (TD), and acceleration actions (ACC + -) in matches that end in victory, draw and loss as a total throughout the match and during the last 15 minutes.

Method: I used ZXY Sport Tracking data (radio wave technology) in home matches for a Norwegian top league team over two seasons including 23 players and 28 rounds (14 matches each season). I used "mixed linear models" to examine the differences between HIR, S, TD, ACC +, -, and top speed between losses, draws and wins as a total throughout the game (90 minutes) and during the last 15 minutes as percentage of total distance.

Result: I found no differences between results in the matches for total distance ($p = 0.44$), HIR ($p = 0.12$), Sprint ($p = 0.15$), AKS TOTAL ($p = 0.56$) AKS plus ($p = 0.57$), AKS minus ($p = 0.58$) and top speed ($p = 0.88$) over 90 minutes. For percentages in the last 15 minutes, there were no differences between result and total distance ($p = 0.52$), HIR ($p = 0.63$), Sprint ($p = 0.54$), AKS TOTAL ($p = 0.66$) AKS plus ($p = 0.11$), AKS minus ($p = 0.67$) and top speed ($p = 0.75$).

Conclusion: The result in football matches is not reflected in measurements of physical performance of elite football players with a monitoring system. This indicates that factors other than running ability affect results in elite football, both as overall and within high speeds.

Keywords: monitoring, fatigue development, match result, player position

2.3 Introduksjon

I dagens fotball stilles det en rekke fysiske, psykiske og sosiale krav (1). I løpet av de siste årene har det vært en økning i bruk av ulike monitoringssystemer i fotball (2). Dette kan bidra til at trenere kan tilpasse, individualisere og spesifisere treningen for spillerne i større grad, både med tanke på ulike spillertyper, posisjoner og formasjoner i laget. Det gir også en større forståelse for hva som kreves i en kamp, noe som man bruke til å optimalisere treningshverdagen til å forberede spillere til kampbelastningen.

I løpet av de seneste årene har fokuset i fotball skiftet fra aerob til anaerob energimetabolisme, som illustrerer at fotball er blitt en idrett som krever mye hurtighet, til sammenligning med før hvor man vurderte fotball til å kreve mye utholdenhet (3). Tall fra Premier League har vist at både høyhastighetsløp (HIR) har økt fra 118 meter til 176 meter i snitt og sprintdistanse har økt fra 118 meter til 176 meter i snitt, og gjennomsnittshastigheten på sprint har økt fra 32,8 til 34,4 km·t⁻¹ (4). I fotball scores mål oftest i slutten av kampene. I verdensmesterskapet (VM) i fotball for herrer, i 2010 i Sør-Afrika, ble flest mål scoret i andre omgang og spesielt i de siste 15 minuttene (5). I en annen studie basert på tre VM i 1998, 2002 og 2006, viser det seg at det siste kvarteret av en fotballkamp ble det scoret flere ganger enn tidligere i kampene (6). Dette kan ha sammenheng med den fysiske prestasjonsevnen mot slutten av fotballkamper, hvor det er vist at det fysiske aspektet som akselerasjonsaksjoner (acc), sprint (s) og HIR det siste kvarteret i en fotballkamp blir redusert (7). Derfor kan fysisk prestasjonsevne være avgjørende for resultatet, og muligens spesielt i slutten av fotballkampen.

I en oversiktsartikkel undersøkte de utviklingen av trøtthetsutviklingen gjennom en fotballkamp (8). Ifølge denne studien forekommer en utmattelse på tre forskjellige stadier i spillet; 1: etter en kort intensiv periode i begge omgangene, 2: den innledende fasen av andre omgang og 3: mot slutten av en fotballkamp.

Tidligere studier som undersøkte i verdensmesterskap har sett at det scores flest mål i det siste kvarteret (5, 6). Man kan derfor anta at både HIR, sprint, akselerasjoner blir påvirket av kampens utfall samt trøttheten gjennom de siste 15 minuttene. Hensikten med denne studien var derfor å undersøke om det var forskjell i høyhastighetsløp (HIR) og sprintdistanse (S),

totale distanse (TD), og akselerasjonsaksjoner (ACC + -) i kamper som ender med seier, uavgjort og tap, hos et norsk eliteserielag over 2 sesonger, undersøkt som totalt gjennom hele kampen og i løpet av de siste 15 minutter.

2.4 Metode

2.4.1 Design

Jeg har brukt en prospektiv kohortstudie med 28 repeterte målinger. I denne studien er 23 fotballspillere fra et norsk eliteserielag fulgt over 2 sesonger med monitoreringssystemet ZXY (ZXY SportTracking AS, Radionor Communications AS, Trondheim, Norway).

2.4.2 Deltakere

Utvalget består av en eliteklubb i Norge gjennom to sesonger (2018 og 2019). Kriteriet for å være med i studiet var at spillerne spilte 90 minutter av en fotballkamp. Det ble gjennomført totalt 28 observasjoner/kamper, hvorav 10 var seiere, 7 uavgjort, og 11 var tap. Flere av deltakerne har spilt begge sesonger, mens noen har spilt kun i den ene sesongen. Alderen på fotballspillerne var mellom 17-37 år. I sesongen 2018 berget laget sin posisjon i Eliteserien i Norge, mens de rykket ned i 2019. Laget hadde samme trener begge sesongene, og formasjonene de spilte var i 3-5-2 formasjon i sesongen 2018 og 2019. Det ble spilt 14 hjemmekamper i begge sesongene og totalen ble da 28 runder.

Dataene i denne studien er fra monitoreringssystemet ZXY, som brukes av fotballaget hver uke i løpet av sesongen. Da denne studien ikke inkluderer data som omhandler

Helseforskningsloven (9) vil ikke regionale etiske komitéer i Norge vurdere slike søknader om etisk vurdering. Bruk av slike monitoreringsdata i idrettsvitenskapelig forskning er heller ikke internasjonalt anerkjent som nødvendig å forelegges en etisk komité for godkjenning (10). Uavhengig, denne studien fulgte etiske retningslinjer i henhold til Helsinkideklarasjonen (11); alle spillere bekreftet samtykke ved bruk av dataene, både muntlig og skriftlig. I tillegg ble oppbevaring av dataene godkjent av Norsk senter for forskningsdata (NSD) (referansenummer: 45632, Vedlegg 1).

2.4.3 Målemetoder og utfallsvariabler

ZXY-Sport Tracking (ZXY SportTracking AS, Radionor Communications AS, Trondheim, Norway) brukes av laget både i kamp og trening for å registrere fysiske parameterne. De variablene jeg valgte ut for denne studien er topphastighet (høyeste registrerte hastighet oppgitt i $\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$), sprintdistanse ($>25,2 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$), høyhastighetsløp distanse ($19,8 - 25,2 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$), antall akselerasjoner (over $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) og totaldistansen (m). Hver spiller ble utstyrt med et belte rundt livet, hvor en brikke med akselerometer og radiobølger festet på korsryggen registrerer bevegelsene. Dette skyldes at sensoren er så nær kroppens tyngdepunkt som mulig og dermed gir mest mulig korrekte avlesninger av spillernes bevegelser. Beltet inneholder elektroniske sensorer som registrerer bevegelsene til spillerne i tre akser og registrerer spilleren sin forflytning som gjøres i løpet av samtlige minutter i en trening eller kamp; i denne studien alle hjemmekamper for de to sesongene. Brikken overfører data via mikrobølgesignaler til RadioEye™ sensorer som er montert på lagets hjemmebane. Hjemmebanen har seks stasjonerte sensorer og systemet er satt til å registrere 20 ganger per sekund (20Hz). Hver sensor dekker baneområdet på 90° (12). ZXY har en feilmargin på 2% sammenlignet med videoanalyser (13). En studie gjort av Pettersen m.fl. (14) sammenlignet GPS (Polar Pro Team) mot ZXY og fant at GPS registrerte høyere målinger sammenlignet med ZXY. GPS-målingene viste $11668 \text{ m} \pm$ (standardavvik (SA): 1072 m) mot ZXY som viste $10204 \pm 103 \text{ m}$. Men basert på lokasjon på hadde GPS høyere variasjon og fulgte ikke de rette linjene som spillerne sprang rundt banen, i motsetning til ZXY som fulgte linjen på banen; dette vises med høyere SA i GPS-målingene sammenlignet med ZXY-målingene (1072 versus 103 m) (14). Mine valgte utfallsvariabler er; høyhastighetsløp (HIR), sprint (S), totale distanse (TD), akselerasjonsaksjoner (AKS +) og deakselerasjoner (negativ akselerasjon: AKS -) og topp hastighet (TH) som kan forklares som den høyeste hastigheten målt i kampen. Disse ble brukt som totalt i løpet av kampen. For å undersøke samme variabler de siste 15 minuttene i løpet av en kamp og samtidig justere for distanse tilbakelagt i løpet av de første 75 minuttene, regnet jeg ut hvor mange prosent av total distanse i henholdsvis HIR, sprint og total distanse som ble løpt i løpet av de siste 15 minuttene. I alt var det 28 kamprunder over to sesonger (14 runder hver sesong) som er inkludert i analysene. Jeg delte også spillerne inn i posisjoner for å justere for konfundering av posisjon. Posisjonene ble delt inn i 1) sentralt forsvar, 2) laterale posisjoner (back og kant/ving), 3) sentral midtbane og 4) angrepsspillere/spiss.

2.4.4 Statistiske analyser

Jeg brukte «Linear Mixed models» for å undersøke forskjeller på utfallsvariablene (TD, HIR, S, AKS (+ og -) og TH), justert for posisjon (sentral forsvarsspiller, backer/kant/ving, midtbane og spisser), med Bonferroni-korrigerede post-hoc tester om jeg observerte forskjeller mellom resultat. Jeg undersøkte også interaksjonseffekter mellom resultat og posisjon. Jeg brukte datavariansantagelse «compound symmetry». I enkelte tilfeller ble ikke variansen akseptert; da brukte jeg en heterogen datavarians «Autoregression 1 (AR1): Heterogeneous». Da jeg har ingen formening om endring over tid satt jeg tid som tilfeldig effekt (random effect). Da laget beholdt sin eliteserieposisjon i 2018 og rykket ned i 2019, stratifiserte jeg også dataene på sesong 2018 og 2019 og undersøkte den samme modellen. Dataene presenteres som gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (KI) justert for posisjon.

2.5 Resultat

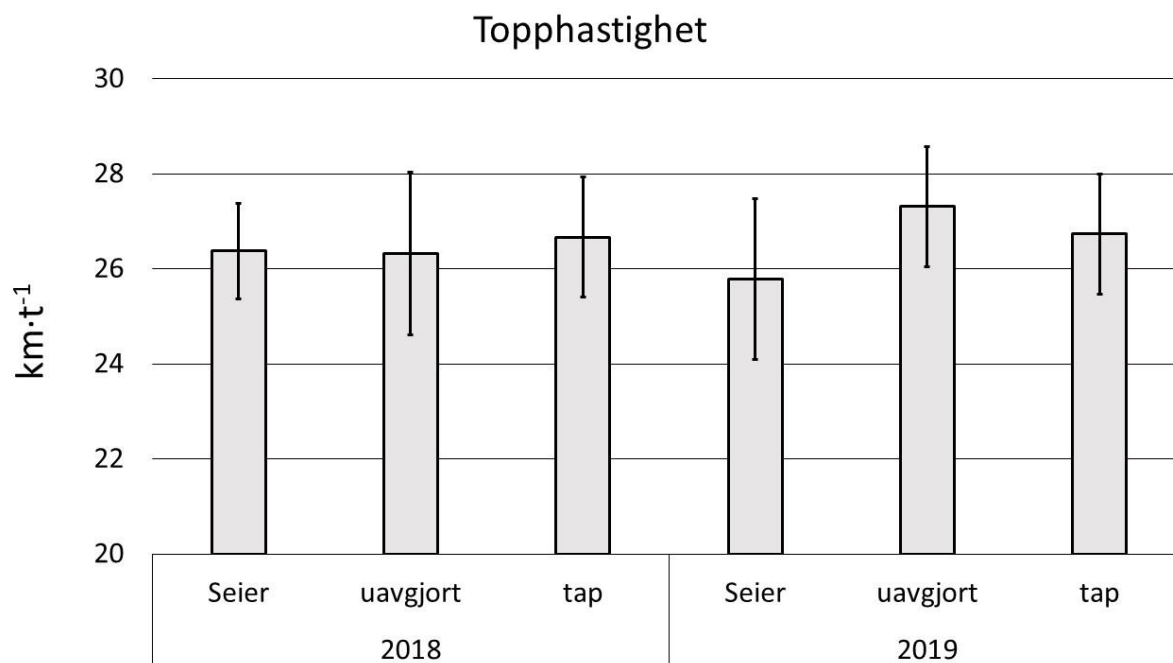
Tabell 1 viser total distanse, sprint, HIR, AKS + og - og topphastighet mellom seier, uavgjort og tap over begge sesongene. Figur 1 viser topphastighet mellom resultat i 2018 og 2019. Jeg fant ingen forskjell mellom resultat i kampene for totaldistanse ($p=0.44$), HIR ($p=0.12$), Sprint ($p=0.15$), AKS TOTAL ($p=0.56$) AKS pluss ($p=0.57$), AKS minus ($p=0.58$) og topphastighet ($p=0.88$) over 90 minutter. Jeg observerte en interaksjon mellom resultat og posisjon for HIR ($p=0.009$) og topphastighet ($p=0.046$), og ingen interaksjon for totaldistanse ($p=0.08$), sprint (0.08), AKS total ($p=0.10$), pluss ($p=0.06$) og minus ($p=0.22$).

Tabell 1. Total distanse, HIR, Sprint, AKS og topphastighet mellom seier, uavgjort og tap.

90 minutter		Seier	Uavgjort	Tap
Total distanse (m)	Gj.	10406,99	10334,20	10146,73
	95% KI	10007,30 til 10806,69	9903,13 til 10765,27	9744,29 til 10549,18
HIR (m)	Gj.	808,13	710,70	732,04
	95% KI	682,41 til 933,84	579,55 til 841,84	607,49 til 856,59
Sprint (m)	Gj.	168,07	139,95	162,04
	95% KI	129,60 til 206,54	100,22 til 179,69	123,80 til 200,28
AKS total (tellingene)	Gj.	139,64	137,11	134,47
	95% KI	125,97 til 153,30	122,98 til 151,23	120,89 til 148,04
AKS pluss (tellingene)	Gj.	68,93	67,63	66,44
	95% KI	62,56 til 75,29	61,03 til 74,23	60,12 til 72,76
AKS minus (tellingene)	Gj.	71,88	71,80	69,24
	95% KI	64,73 til 79,04	64,31 til 79,29	62,16 til 76,33
Topphastighet (km·t ⁻¹)	Gj.	29,93	29,76	29,80
	95% KI	29,21 til 30,65	28,98 til 30,53	29,08 til 30,52
Siste 15 minutter				
Total distanse (%)	Gj.	15,98	16,46	18,47
	95% KI	12,39 til 19,58	12,42 til 20,49	14,75 til 22,19
HIR (%)	Gj.	15,05	14,63	16,88
	95% KI	11,44 til 18,67	10,32 til 18,94	13,35 til 20,40
Sprint (%)	Gj.	13,73	12,77	17,98
	95% KI	6,75 til 20,72	4,56 til 20,98	11,02 til 24,94
AKS total (%)	Gj.	16,02	17,44	15,45
	95% KI	11,76 til 20,27	12,90 til 22,00	11,18 til 19,72
AKS pluss (%)	Gj.	15,96	15,48	13,94
	95% KI	14,66 til 17,26	13,91 til 17,05	12,52 til 15,36
AKS minus (%)	Gj.	15,07	14,22	15,07
	95% KI	13,63 til 16,52	12,52 til 15,92	13,59 til 16,55
Topphastighet (km·t ⁻¹)	Gj.	26,26	27,13	26,74
	95% KI	24,51 til 28,01	25,15 til 29,10	24,98 til 28,50

Data vises som Gj og 95% KI justert for posisjon. Gj=gjennomsnitt, CI=konfidensintervall, Aks=akselerasjon, Aks pluss=akselerasjon fremover, Aks minus= akselerasjon bakover HIR=Høyhastighetsløp

For prosentvis de siste 15 minuttene var det ingen forskjell mellom resultat og totaldistanse (p=0.52), HIR (p=0.63), Sprint (p=0.54), AKS TOTAL (p=0.66) AKS pluss (p=0.11), AKS minus (p=0.67) og topphastighet (p=0.75). Det var ingen interaksjon mellom resultat og posisjon som prosent av de siste 15 minutter (alle p>0.10).



Figur 1. Topp hastighet i løpet av 90 minutter. Data vises som gjennomsnitt og 95% KI justert for posisjon. KI=konfidensintervall.

Tabell 2 viser stratifiserte analyser på sesongene 2018 og 2019. I 2018 var det ingen forskjell mellom resultat for totaldistanse ($p=0.07$), HIR ($p=0.29$), Sprint ($p=0.76$), AKS total ($p=0.19$) AKS pluss ($p=0.11$), AKS minus ($p=0.34$) og topphastighet ($p=0.37$). I 2019 var det ingen forskjell mellom resultat for totaldistanse ($p=0.83$), HIR ($p=0.51$), Sprint ($p=0.055$), AKS TOTAL ($p=0.94$) AKS pluss ($p=0.35$), AKS minus ($p=0.90$) og topphastighet ($p=0.60$).

Tabell 2. Total distanse, HIR, Sprint, AKS og topphastighet mellom seier, uavgjort og tap, stratifiser på sesong. KI=konfidensintervall.

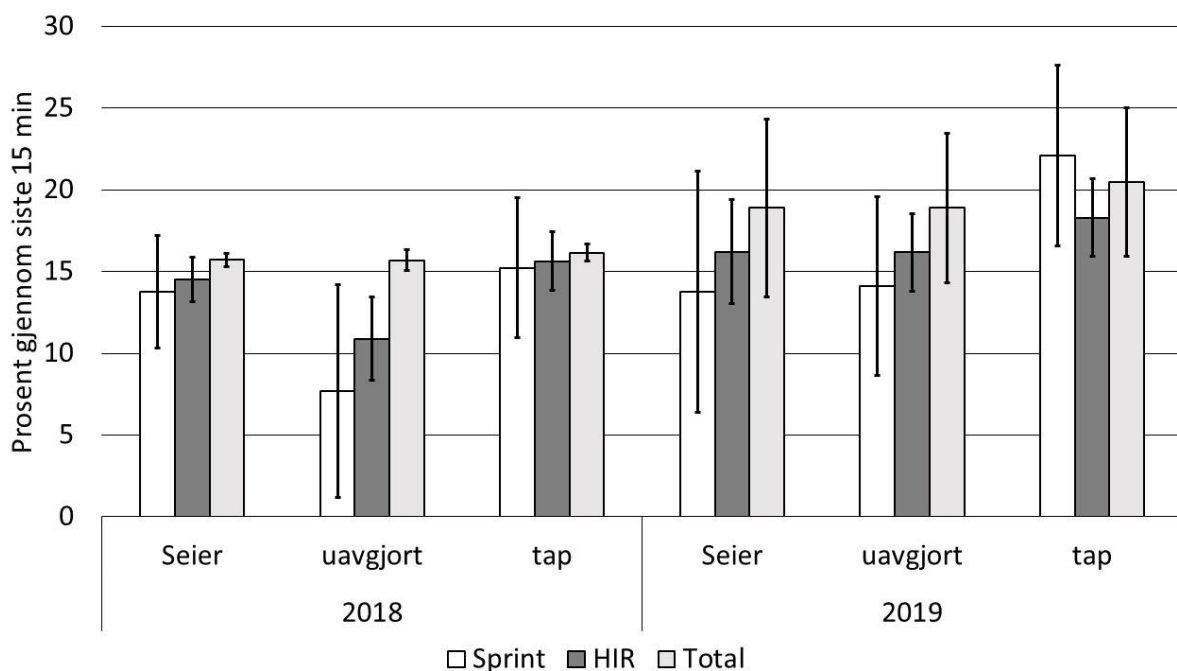
90 minutter		Seier	Uavgjort	Tap
Total distanse (m)	2018	Gj. 10492,54	10285,25	10044,58
		95% KI 10010,41 til 10974,68	9726,16 til 10844,35	9545,09 til 10544,06
2019	Gj.	10016,40	10279,18	10188,54
	95% KI	9094,55 til 10938,25	9522,70 til 11035,65	9432,13 til 10944,96
HIR (m)	2018	Gj. 769,72	718,69	675,83
		95% KI 610,83 til 928,61	525,42 til 911,95	512,36 til 839,30
2019	Gj.	827,26	714,10	749,32
	95% KI	635,03 til 1019,48	556,18 til 872,03	591,31 til 907,34
Sprint (m)	2018	Gj. 149,86	137,92	166,21

2019	95% KI	91,83 til 207,88	47,17 til 228,67	104,65 til 227,77
	Gj.	194,86	154,76	159,14
	95% KI	145,48 til 244,23	109,12 til 200,41	113,60 til 204,69
AKS total (tellingene)				
2018	Gj.	137,85	130,81	126,47
	95% KI	120,98 til 154,71	110,73 til 150,89	109,03 til 143,91
2019	Gj.	140,10	141,76	142,62
	95% KI	122,39 til 157,80	126,48 til 157,05	127,35 til 157,89
AKS pluss (tellingene)				
2018	Gj.	69,98	65,05	62,79
	95% KI	61,15 til 78,82	54,47 til 75,63	53,61 til 71,97
2019	Gj.	65,52	69,10	69,65
	95% KI	57,78 til 73,27	62,14 til 76,06	62,71 til 76,59
AKS minus (tellingene)				
2018	Gj.	68,36	65,50	64,00
	95% KI	60,15 til 76,57	55,81 til 75,18	55,48 til 72,53
2019	Gj.	76,94	75,75	74,37
	95% KI	65,46 til 88,42	66,29 til 85,21	64,90 til 83,83
Topp hastighet (km·t ⁻¹)				
2018	Gj.	29,58	29,07	30,02
	95% KI	28,64 til 30,53	27,74 til 30,40	28,98 til 31,05
2019	Gj.	30,58	30,16	29,46
	95% KI	29,58 til 31,57	29,32 til 31,00	28,62 til 30,29
Siste 15 minutter				
Total distanse (m)		Seier	Uavgjort	Tap
2018	Gj.	15,72	15,69	16,16
	95% KI	14,89 til 16,55	14,40 til 16,97	15,14 til 17,19
2019	Gj.	18,90	18,89	20,47
	95% KI	7,50 til 30,30	9,08 til 28,70	10,68 til 30,27
HIR (m)				
2018	Gj.	14,52	10,89	15,64
	95% KI	11,49 til 17,55	5,35 til 16,44	11,91 til 19,36
2019	Gj.	16,22	16,18	18,30
	95% KI	9,14 til 23,31	10,87 til 21,49	10,97 til 23,63
Sprint (m)				
2018	Gj.	13,75	7,70	15,22
	95% KI	6,15 til 21,35	-6,48 til 21,88	6,23 til 24,21
2019	Gj.	13,78	14,12	22,10
	95% KI	-3,20 til 30,76	1,28 til 26,96	9,25 til 34,96
AKS total (tellingene)				
2018	Gj.	15,96	14,20	13,45
	95% KI	14,69 til 17,24	11,93 til 16,46	11,70 til 15,19
2019	Gj.	14,47	18,03	16,43
	95% KI	4,18 til 24,76	10,08 til 25,99	8,46 til 24,40
AKS pluss (tellingene)				
2018	Gj.	15,95	15,96	13,26
	95% KI	14,70 til 17,21	13,19 til 18,72	11,32 til 15,21
2019	Gj.	15,11	14,87	14,78
	95% KI	11,10 til 19,12	12,34 til 17,40	11,94 til 17,62
AKS minus (tellingene)				
2018	Gj.	15,32	11,94	13,92
	95% KI	13,79 til 16,84	9,33 til 14,54	11,99 til 15,85
2019	Gj.	14,38	14,99	15,70
	95% KI	10,95 til 17,82	12,44 til 17,55	13,14 til 18,27
Topp hastighet (km·t ⁻¹)				
2018	Gj.	26,38	26,33	26,68
	95% KI	24,23 til 28,53	22,68 til 29,97	24,08 til 29,27
2019	Gj.	25,79	27,32	26,74
	95% KI	22,12 til 29,46	24,55 til 30,09	23,96 til 29,51

Data vises som Gj og 95% KI justert for posisjon. Gj=gjennomsnitt, CI=konfidensintervall, Aks=akselerasjon,

Aks pluss=akselerasjon fremover, Aks minus= akselerasjon bakover HIR=Høyhastighetsløp

Figur 2 viser prosentvis totaldistanse, HIR og sprint de siste 15 minuttene for resultat i 2018 og 2019. Det var ingen forskjell prosentvis de siste 15 minuttene mellom resultat for totaldistanse ($p=0.70$), HIR ($p=0.33$), Sprint ($p=0.63$) og topphastighet ($p=0.98$). For prosentvis av de siste 15 minuttene i 2018 var det en forskjell mellom resultat og AKS total ($p=0.04$), AKS pluss ($p=0.02$) og AKS minus ($p=0.055$) (Tabell 2). I 2019 for prosentvis de siste 15 minuttene var det ingen forskjell mellom resultat for totaldistanse ($p=0.92$), HIR ($p=0.79$), Sprint ($p=0.53$), AKS Total ($p=0.79$) AKS pluss ($p=0.99$), AKS minus ($p=0.78$) og topphastighet ($p=0.75$) (Figur 1, Tabell 2).



Figur 2. Totaldistanse, HIR og Sprint som prosentvis de siste 15 minuttene. Data vises som gjennomsnitt og 95% KI justert for posisjon. HIR=høyhastighetsløp, KI=konfidensintervall.

I 2018 var det en interaksjon mellom resultat og posisjon for totaldistanse ($p=0.02$) i 90 minutter. Jeg observerte ingen interaksjon mellom HIR ($p=0.08$), Sprint ($p=0.18$), AKS Total ($p=0.23$) AKS pluss ($p=0.40$), AKS minus ($p=0.16$) og topphastighet ($p=0.07$) over 90 minutter. I 2019 var det en interaksjon mellom resultat og posisjon for HIR ($p=0.048$). Det var ingen interaksjon mellom totaldistanse ($p=0.54$), Sprint ($p=0.12$), AKS Total ($p=0.20$)

AKS pluss ($p=0.41$), AKS minus ($p=0.10$) og topphastighet ($p=0.13$). For prosentvis de siste 15 minuttene var det ingen interaksjon mellom resultat og posisjon i 2018 (alle $p>0.11$) eller 2019 (alle $p>0.26$).

2.6 Diskusjon

I denne prospektive kohortstudien av et elitefotballag i Norge var det generelt ingen sammenheng mellom tilbakelagt distanse i form av total distanse (TD), høyhastighetsløp (HIR), sprint (s), Akselerasjon + og - (AKS + -) og topphastigheten (TH), og resultatet i fotballkampene. Det var heller ingen forskjell mellom resultater og tilbakelagt distanse de siste 15 minuttene.

Jeg observerte en interaksjon mellom resultat og posisjon for HIR ($p=0.009$) og topphastighet ($p=0.046$), noe som også støttes opp i studien til Ingebrigtsen m.fl. (15) hvor de fant ut at spillere i laterale posisjoner hadde høyere målinger i høyhastighetsløp og sprint sammenlignet med spillere i sentrale posisjoner. Jeg synes at det er veldig logisk at spillere i laterale posisjoner springer lengere og har flere HIR og S. Dette er på grunn av at disse spillerne ofte har lengere arbeidsvei fra sin egen banehalvdel til den andre sammenlignet med spillere i de sentrale posisjoner, hvor gjerne deres arbeidsvei er mer sentralt og kortere. I tillegg viser tidligere studier at laterale spillere akselerer mer og flere løp enn de sentrale spillerne; en studie gjort av Dalen (16) fant ut at backer, side midtbane hadde flere akselerasjoner enn sentrale forsvarsspillere og sentrale midtbanespillere. Det samme ble det også sett på akselerasjon bakover, at backer og lateral midtbane hadde flere AKS minus enn sentrale forsvar- og midtbanespillere.

Musklene er avhengig av energi, dette får man i all hovedsak fra fett og glukose. I en prosess må cellene bryte ned molekylerne i de energirike næringsstoffene til en energiform man kan anvende, og deretter overføre denne energien til adenosintrifosfat (Adenosine triPhosphate: ATP. Deretter må ATP spaltes slik at energien fra fosfatgruppene blir frigjort og i cellene som også har en liten mengde kreatinfosfat (17). Mangel på spalting av ATP kan være en forklarende grunn for at man ser at fotballspillerne generelt løper mindre i løpet av slutten av en fotballkamp. Trøtthetsutviklingen som skjer i slutten av en fotballkamp kobles til lavere glykogenkonsentrasjon og dehydrering hos arbeidende muskler (18). Da

glykogenkonsentrasjon og dehydrering ikke er målt i denne studien diskuteres dette ikke nærmere i denne artikkelen. For videre lesing om mulige fysiologiske årsaker til tretthetsutvikling er dette beskrevet nærmere i «teorigrunnlaget».

For prosentvis av de siste 15 minuttene i 2018 var det en forskjell mellom resultat og AKS total, AKS pluss og AKS minus. Ut fra disse tallene kan det forklares som at spillerne har flere akselerasjoner i en sesong hvor laget ikke rykket ned. Uten å ha kjennskap til hvordan tabellposisjon var før hver runde, virker det som de oftere klarte å avgjøre jevnere kamper til sin fordel i 2018 enn i 2019.

2.6.1 Styrker og svakheter

Det er en del styrker med denne studien. Den første styrken er at det er brukt samme lag over to sesonger, med samme måleinstrument. Relabiliteten til ZXY er vist å være god med en feilmarginalmåling på 2% (coefficient of variation) (13). Sammenlignet med GPS signal er ikke ZXY avhengig av godt vær for å få gode GPS signaler (19). ZXY baseres på radiobølger som er stasjonert rundt på stadion til det aktuelle laget (14). Den andre styrken er at jeg undersøkte et eliteserielag i fotball, noe som gjør at disse resultatene kan generaliseres til elitefotballspillere. En tredje styrke er min valgte statistiske analyse («mixed linear model»), som gjør det mulig å inkludere flere spillere selv om de ikke spilte alle fotballkampene (20). For eksempel ville en repetert univariat variansanalyse (Repeated measure ANOVA) ekskludert alle spillere som ikke spilte 90 minutter i alle kamper (20). Samtidig som jeg vurderer min valgte statistiske analyse som en styrke bør det nevnes en mulig svakhet med analysen; en «mixed linear model» interpolerer datapunkter med regresjon og baserer estimatene på «maximum likelihood estimate» hvor det er manglende data. For eksempel kan de interpolerte verdiene muligens ikke gjenspeile den faktiske verdien spilleren ville hatt om spilleren spilte alle 90 minutter av kampen. Samtidig tar den hensyn til verdiene som ikke er manglende, noe som gir en estimering av den mulige verdien som ville vært om det var et datapunkt for den aktuelle spilleren på den runden, noe som øker den statistiske styrken sammenlignet med en repetert variansanalyse (repeated measure ANOVA). En siste styrke er at laget hadde samme trener over de to sesongene som ble undersøkt. Alle disse faktorene har spilt inn på mine data fra kampene som gir en god troverdighet.

Denne studien har også noen svakheter. En svakhet er at jeg inkluderte kun to sesonger. Jeg valgte to sesonger for å inkludere data hvor laget hadde samme trener og spillestil, noe som unngår at dataene er påvirket av konfundering fra forskjellige spillestiler. En annen svakhet er at jeg ikke har noen informasjon om hvordan stillingen i kampene er underveis i løpet av kampene. Dette kan muligens påvirke distanser i forskjeller hastigheter ved at laget kan løpe mye for å score, eller å ligge dypt uten mye løping hvis de leder tidlig i kampen. Selv om jeg inkluderte et helt fotballag kan 23 spillere være en svakhet ved at det er lav statistisk styrke for å observere enn effekt. En siste svakhet kan være at denne studien er påvirket av gjenværende konfunderende faktorer (residual confounding), ved at det kan være mange faktorer som ikke er målt, men som kan ha påvirket både eksponeringen (kampresultat) og utfallsvariablene (fysisk prestasjonsevne).

2.7 Konklusjon

Resultatet i fotballkamper kan ikke gjenspeiles i målinger av fysisk prestasjonsevne hos elitefotballspillere med monitoringssystem. Dette indikerer at andre faktorer enn løpsevnen påvirker resultat i elitefotball, både totalt og innenfor høye hastigheter.

2.8 Referanser artikkel

1. Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisløff U. Physiology of soccer. *Sports medicine*. 2005;35(6):501-36.
2. Buchheit M, Simpson BM. Player-tracking technology: half-full or half-empty glass? *International journal of sports physiology and performance*. 2017;12(s2):S2-35-S2-41.
3. Haugen TA, Tønnessen E, Hisdal J, Seiler S. The role and development of sprinting speed in soccer. *International journal of sports physiology and performance*. 2014;9(3):432-41.
4. Barnes C, Archer D, Hogg B, Bush M, Bradley P. The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *International journal of sports medicine*. 2014;35(13):1095-100.
5. Simiyu WWN. Analysis of goals scored in the 2010 world cup soccer tournament held in South Africa. 2013.

6. Armatas V, Yiannakos A, Sileloglou P. Relationship between time and goal scoring in soccer games: Analysis of three World Cups. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2007;7(2):48-58.
7. Pettersen SA, Brenn T. Activity Profiles by Position in Youth Elite Soccer Players in Official Matches. *Sports medicine international open*. 2019;3(01):E19-E24.
8. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Fatigue in soccer: a brief review. *Journal of sports sciences*. 2005;23(6):593-9.
9. Lov om medisinsk og helsefaglig forskning (helseforskningsloven), LOV-2008-06-20-44 (2008).
10. Winter EM, Maughan RJ. Requirements for ethics approvals. *Journal of sports sciences*. 2009;27(10):985-.
11. WMA WMA. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *Jama*. 2013;310(20):2191.
12. Bendiksen M, Pettersen SA, Ingebrigtsen J, Randers MB, Brito J, Mohr M, et al. Application of the Copenhagen Soccer Test in high-level women players - locomotor activities, physiological response and sprint performance. *Hum Mov Sci*. 2013;32(6):1430-42.
13. Stevens T. External load during football training: the power of acceleration and deceleration. 2017.
14. Pettersen SA, Johansen HD, Baptista IA, Halvorsen P, Johansen D. Quantified soccer using positional data: A case study. *Frontiers in physiology*. 2018;9:866.
15. Ingebrigtsen J, Dalen T, Hjelde GH, Drust B, Wisløff U. Acceleration and sprint profiles of a professional elite football team in match play. *European journal of sport science*. 2015:101-10.
16. Dalen T, Jørgen I, Gertjan E, Havard HG, Ulrik W. Player Load, Acceleration, and Deceleration During Forty-Five Competitive Matches of Elite Soccer. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2016;30(2):351-9.
17. Bigland-Ritchie B, Woods J. Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*. 1984;7(9):691-9.
18. Krstrup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, Kjær M, Bangsbo J. Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine and science in sports and exercise*. 2006;38(6):1165-74.

19. Bush M, Barnes C, Archer DT, Hogg B, Bradley PS. Evolution of match performance parameters for various playing positions in the English Premier League. *Human movement science*. 2015;39:1-11.
20. Krueger C, Tian L. A comparison of the general linear mixed model and repeated measures ANOVA using a dataset with multiple missing data points. *Biological research for nursing*. 2004;6(2):151-7.

3 Kunnskapsgrunnlag masterkappe

3.1 Forkortelser

HIR = Høyhastighetsløp

S = Sprint

AKS = Akselerasjon

TH=topphastighet

TD=totaldistanse

ATP = Adenosintrifosfat

G = Gram

CMJ = Countermovement Jump

VO2 maks = Maksimal oksygenopptak

GPS = Global Positioning System

RPE = rating og perceived exertion/grad av opplevd utmattelse

1RM = 1 repetisjon maksimum

4 Kunnskapsgrunnlag

Fotball er en idrett som er utbredt over hele verden. Det er anslått at ca. 250 millioner mennesker regelmessig spiller fotball, og fotball regnes å være verdens mest populære idrett(1). Fotballagens suksess i en fotballkamp blir avgjort ene og alene på en ting, og det er å score flere mål enn motstanderen sin. Suksessen kommer som følge av titalls tusen timer med hardt arbeid både individuelt og felles som et lag. Det er anslått at ca. 250 millioner mennesker spiller fotball på en regelmessig basis. Med dette i tankene vet vi da at det stilles store individuelle krav til hver enkelt spiller for å bli verdens beste spiller/lag i form av tekniske, taktiske, fysiske og mentale ferdigheter. En studie som ble gjennomført i tysk toppdivisjon fant ut at lineære sprinter uten ball er den løpsaktiviteten som oftest blir anvendt i forkant av en scoring (2). Det skal også sies at scoringseffektivitet, ballferdigheter og gode taktiske ferdigheter vil være avgjørende faktorer som skiller mellom konkurransenivåene i fotball (3).

Det er typisk at fotballspillere deles i ulike posisjoner, som de sentrale posisjonene og laterale, og til hver enkelt posisjon kan det stilles forskjellige arbeidskrav til. Fotball er et globalt spill som kontinuerlig er i utvikling, hvor det er betydelige krav til fysiske, mentale, tekniske og taktiske ferdigheter. Vi som tilskuere observerer gjerne kun gjennom å se de ulike fotballspillerne gjennom fjernsynet og bedømmer derifra. Grunnet fotballens kompleksitet krever imidlertid en god fotballanalyse gode ferdigheter og vitenskapelig innsikt for å få et helhetlig bilde av fotballprestasjon. Både de fysiske, mentale, tekniske og taktiske faktorene kan ses på som en interaksjon i kamppresentasjon i fotball (4). Dermed er kampanalyse et viktig verktøy for fotballklubber å gi informasjon om ulike parametere som kan beskrive fotballspillernes fysiske prestasjon. Forskningen viser at mange klubber er på søken etter å identifisere og optimalisere treningen etter de fysiske kravene som stilles (5).

4.1 Fysiske krav i fotball

Fotballspillere tilbakelegger i snitt mellom 9-14 km i løpet av en fotballkamp, hvor det forekommer endringer i intensitet gjennom kampene (4). Høyintensive aksjoner i løpet av en fotballkamp anslås å utgjøre ca. 30% av den totale distansen som utøveren tilbakelegger, mens de resterende 70% blir utført på lavere intensitet (6). En fotballkamp er i all hovedsak intervallbasert med aktivitetsskifter hvert 4-6 sekund (7). Alle disse kan deles inn i aksjoner

av akselerasjon, deakselerasjon, maksimal hurtighet og retningsforandringer. Toppspillere utfører omtrent 1350 aksjoner per kamp, hvor cirka 220 av disse innebærer høy hastighet (7). I en annen studie viser det seg at evnen til å akselerere, den maksimale løpshurtigheten, evnen til repeterte sprinter og høyintensiv løping er avgjørende faktorer for å nå elitenivå som fotballspiller (8). Uavhengig av nivåer er det en reduksjon i sprintevnen og gjennomføring av høyintensiv løping i løpet av en kamp hvor denne evnen er minst mot 90 minutter (9). Det kan forklares ved at behovet for en god anaerob energifrigjøring er stor og dermed kreves det stor anaerob kapasitet for å nå elitenivå i fotball. Den gjennomsnittlige belastningen på det aerobe systemet for spillere i kamp ser ut til å ligge på omtrent 75% av maksimalt oksygenopptak, mens det anaerobe energisystemet utsettes for stress i de mest intense periodene i en fotballkamp (7). Som et resultat av disse periodene vil den totale anaerobe energiomsetningen ligge mellom 11% og 27% av den totale energiomsetningen i løpet av en fotballkamp (6). Likevel ligger hjertefrekvens rundt anaerob terskel gjennom en hel fotballkamp, noe som indikerer at aerobe prosesser til enhver tid arbeider med re-syntese av kreatinfosfat fra de anaerobe aksjonene (10). Fotball er som sagt komplekst, noe som også vises ved at profesjonelle fotballspillere kan regulere sin fysiske innsats i ulike perioder av kampen uavhengig av kampbildet (11). I etterkant av fotballkamper ser man ofte at spillere ikke ligger utmattet på gressmatta selv om de har utøvd maksimal innsats. Studier viser at selv om man ikke kan observere maksimale verdier av opplevd anstrengelse etter en fotballkamp, antydes det at det oppnås en submaksimal fysiologisk utmattelse (12).

I en studie av Bush m.fl. (13) undersøkte de kampanalyser i fotball, hvor både taktiske, kontekstuelle og sesongbetonte faktorer ble inkludert. Hovedelementet i denne studien viser at for alle fysiske parametere finnes det store variasjoner innad i de ulike posisjonene, som igjen understreker kompleksiteten i fotball. De sentrale forsvarsposisjonene skiller seg mest fra de resterende posisjonene, hvor de utfører færre høyhastighetsløp (HIR) og sprint (S) enn alle andre posisjoner (13). I samme studie ser man også at arbeidskravene til både de tekniske, taktiske og fysiske egenskapene endrer seg kontinuerlig med tiden. Sentrale spillere hadde økning i antall pasninger og antall suksessfulle pasninger i perioden mellom 2005-2006 til 2012-2013 i den engelske Premier League. De laterale spillere hadde en økning i HIR og S. Høyhastighetsaksjoner i form av HIR og S i løpet av en fotballkamp hadde gått opp fra 118 til 176 aksjoner mellom 2005-2006 og 2012-2013-sesongen.. Sprinthastigheten hadde også gått opp fra 32,8 til 34,4 kilometer i timen ($\text{km} \cdot \text{t}^{-1}$) (13). Dette viser at de fysiske kravene til

fotball ser ut til å øke jevnt med årene, noe som kan forklares med bedre kunnskap om fysisk trening, restitusjon og ernæring i moderne fotball sammenlignet med tidligere (3).

Bangsbo (14) definerer aktivitet som foregår opp mot og over maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}) som høyintensive aksjoner. Tidligere forskning har vist at mengden av slike høyhastighetsløp varierer på tvers av spillere på ulike nivåer, hvor de beste spillerne har tilbakelagt opp mot 30 prosent mer høyhastighetsløp enn spillere av moderat standard i studier av profesjonelle fotballspillere.

I en annen studie av Bangsbo, Mohr og Krustrup (10) undersøkte de forskjeller mellom internasjonale verdensklassespillere og nasjonale profesjonelle spillere. Internasjonale fotballspillere tilbakela 5% mer total distanse (10.86 versus 10.33), 28% flere HIR (2.43 versus 1.90 km) og 58% flere sprintmeter (650 versus 410m) enn profesjonelle fotballspillere på lavere nivå. Dette indikerer at HIR og Sprint er to avgjørende faktorer i internasjonal toppfotball. Forklaringen for at det er et skille mellom profesjonelle og internasjonale toppspillere er sannsynligvis at det skjer en raskere utmattelse av spillere i lavere divisjon, hvor et stort antall sprinter og høyhastighetsløp vil øke sjansen for utmattelse og muskeltrøtthet (7). I studien til Bradley (15) fant de ut at maksimal løpshastighet ($>6.94 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$)¹) gjennomsnittlig over en hel kamp lå på $7.76 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$. De fant også ut at det var en liten variasjon fra første til andre omgang ($7.79 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ versus $7.78 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$).

De mest suksessfulle lagene i moderne fotball har både evnen til, og utfører flere repeterte høyhastighetsaksjoner oftere enn mindre suksessfulle lag (16). Disse aksjonene blir også ansett som avgjørende øyeblikk i fotballkamper, eksempelvis ved skåringer, scoringsposisjoneringer eller tilsvarende defensive tap av posisjoner (17). Videre viser analysene som er blitt gjort på elitefotball at sprintaksjonene kan bli definert som akselerasjon, deakselerasjon, maksimal hurtighet og «agility» (hurtig endring av høyhastighetsbevegelse) (18).

Akselerasjonshurtighet måles gjerne mellom 0-20m og maksimal hurtighet mellom 20-40m (19). Disse hurtighetsmålene er vist å skille mellom de øverste divisjonene i Norge (20). Det er også rollespesifikk akselerasjonshurtighet mellom ulike spilleposisjoner, hvor angrepsspillere er hurtigere enn forsvarsspillere, midtbanespillere og keepere (20). Selv hos yngre fotballspillere er det observert hurtighetsforskjeller mellom ulike nivåer (19). Dette

indikerer at evnen til høy hastighet i seg selv, og ikke bare evnen til å gjenta spurter eller å gjøre mange spurter, også er avgjørende for gode fotballprestasjoner.

Samtidig kan fotballkampers «indre liv» påvirke målinger av høyhastighetsaksjoner. I en studie fra den engelske toppdivisjon hadde bunnlagene betydelige høyere løpsintensitet når det kom til høyhastighetsløp og sprint sammenlignet med topplagene (21). Det ble også observert at bunnlagene hadde lengre distanse med høyhastighetsløp når motstanderlaget hadde høyere ballinnhav (21). Dermed er det viktig å tenke over når man ser statistikken ut fra hver enkelt spiller og fotballag hvor komplekst fotball er, for jo lengre distanse med høyhastighetsløp og sprint som i dette tilfelle for bunnlagene, vil sannsynligheten være stor for å utvikle større muskulær trøtthet og ha utmattelse tidligere i fotballkampen enn topplagene (21). Utmattede fotballspillere kan redusere den fysiske prestasjon under en fotballkamp (22), som igjen vil redusere kampprestasjonen ved at man velger dårligere taktiske valg og utførelsen av de tekniske oppgavene vil bli redusert. Dårlig ballbehandling og dårlige taktiske valg kan resultere i balltap og studier har vist at mindre antall balltap kan være en suksessfaktor i fotball (3).

4.2 Posisjonelle forskjeller i fysiske krav i fotball

Det er også forskjeller mellom posisjoner i fotball. Laterale posisjoner har flere og lengre akselerasjoner og sprinter enn spillere i de sentrale posisjonene. I en tidligere studie hvor man fulgte et norsk eliteserielag i fotball studerte de hvordan de fysiske parameterne var forskjellig fra posisjon til posisjon (23). Denne studien viste da at spillere i laterale posisjoner, som vinger og backer, akselererte oftere enn spillere i de sentrale posisjonene, som sentral midtbane og sentrale forsvarsspillere. Derfor er det viktig å se sammenhengen mellom spillerposisjonene, hvor mye de løper og hva som kreves i den gitte posisjonen. Sjeldent vil fotballspillere komme opp i maks fart under en kamp på grunn av de raske vekslingene i spillet og nødvendige retningsforandringer (24). Men maksimal løpshurtighet har en større rolle for laterale kant/vinger, backer og angrepsspillere enn sentrale midtbanespillere og forsvarsspillere (15). Studier har vist at for å oppnå maksimal løpshastigheten trenger fotballspillerne en lengde på ca. 20-30m, som igjen kan forklares med at backer og kanter/vinger oppnår dette i større grad enn de andre posisjonene (25). I en studie av Bradley m.fl. (15) undersøkte de totaldistansen for hver enkelt posisjon. I denne studien fant man ut at midtbanespillere tilbakela omtrent 11,5km i en kamp, mens sentrale forsvarsspillere og

spisser tilbakela litt mindre i løpet av en kamp med 10-10.5km. De fant også ut at de laterale spillerne (vinger og backer) hadde høyere høyhastighetsløp sammenlignet med de sentrale posisjonene. I studien av Baptista m.fl. (26) undersøkte de 23 hjemmekamper til en norsk elitefotballklubb fordelt på fem posisjoner. Midtstopper og sentrale midtbanespillere hadde lavere målinger i både sprint, deakselerasjon og akselerasjon sammenlignet med backer, vinger og spisser (26). Dette er i tråd med en annen studie av Di Mascio m.fl. (27), som også viste at høyhastighetsløp og sprint var høyere hos backer og vinger sammenlignet med de andre posisjonene. I studien av Baptista m.fl. hadde backer og vinger flere vendinger ($<90^\circ$) enn midtstopper (26). Midtstopper, sentrale midtbanespillere, vinger og spisser gjennomførte høyhastighetsløp ($<5,12 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$) over 1-5m, mens backer sprang høyhastighetsløp over 6-10m. Med bruk av disse tallene kan trenere planlegge og individualisere treningen basert på hva de ulike spillerposisjonene krever (26).

4.3 Energifrigjøring under fotballkamp

For å gi litt mer informasjon om det anaerobe energisystemet, så deles det gjerne inn i laktasid og alaktasid energiomsetning. Det laktasid energisystemet produserer energi gjennom nedbrytning av glykogen i muskulaturen, som omdannes til glykose eller direkte fra glukose i blodbanen. Dette gjøres gjennom glykolysen (28). Det alaktasid energisystemet er spalting av kreatinfosfat. Basert på denne ufullstendige nedbrytningen av glykogen ved laktasid anaerobe energiomsetningen gir det mulige negative konsekvenser for det metabolske miljøet i kroppen. Lenge har man sett på laktat som et «avfallsprodukt» fra glykolysen, som skaper høye ph-verdier i muskulaturen, som gjerne gir en brennende følelse i arbeidende muskler og til slutt klarer ikke musklene å kontrahere (29). I senere år er dette synet endret. Laktat viser seg å være omdannet glykose som kan brukes igjen. Overflødig laktat fraktes fra arbeidende muskler ut i blodbanen, hvor det kan lagres som glykogen i andre muskler eller lever. Laktat kan også, som med glukose, passere hjernebarken, og dermed kan det brukes som energi i hjernen. På denne måten sees laktat som et positivt produkt fra glykolysen som kan brukes av mange systemer i kroppen (29). Det som skaper et surt miljø i muskler (høy ph-verdi) er heller opphopning av hydrogen i musklene (29). På folkemunne omtales den brennende følelsen i musklene ved intensivt arbeid over tid som melkesyre. Ved økning av hydrogen og dermed høyere ph-verdi i muskulaturen vil det redusere evnen til å utvikle kraft, som igjen kan redusere evnen til å utvikle maksimal høyhastighetsløp og sprint (29).

For å gjennomføre en fotballkamp er det nødvendig å få tilført energi fra nedbrytning av energi i mat og drikke. Nedbrytningen av energi danner adenosintrifosfat (ATP), som igjen gir energi gjennom spalting av fosfatbindinger fra et adenosintrifosfatmolekyl (ATP-molekyl), som da blir omgjort fra kjemisk energi til mekanisk energi ved muskelkontraksjoner (14). Disse dannelsene av ATP kan skje gjennom både det aerobe og anaerobe energisystemet, med henholdsvis med og uten oksygen. I fotball og fotballaktivitet er det som oftest bytte av både høy- og lav-intensitets muskelarbeid, dermed vil det være innslag av alle typer ATP-produksjon. En forutsetning for aerob energiomsetning er det tilstrekkelig tilgjengelig oksygen hvor omsetningen skal foregå i det metabolske miljøet i mitokondrien i cellene. Det er primært kroppens respirasjonssystem og blodomløp som sørger for transport av oksygen til arbeidende muskler. Videre har det aerobe energisystemet et stort potensiale for energiproduksjon da denne fører til en fullstendig nedbrytning av de tilgjengelige næringsstoffene, til sammenligning anaerob energiproduksjon som er hurtig men spaltes gjennom glykolysen som avgir mye laktat og hydrogen som ikke direkte brukes i muskelarbeidet som utføres (28). Energisystemets største begrensinger er imidlertid at det tar noe tid før det kan levere sin maksimale mengde energi, dette på grunn av størrelsene på lagrene til muskulaturen og tiden det tar før oksygenet å fraktes fra lunger-via til blod-til muskelcellene (28).

Energiomsetningen i en fotballkamp varierer fra kamp til kamp, men anslagsvis står aerob energiproduksjon for 70-90 prosent, som dermed blir primærkilden for energi (14). Når spillere sprinter på en varighet på cirka tre sekunder ser det ikke ut som at det er aerobe energisystemet bidrar med mer enn tre prosent av den totale energiproduksjonen, mens bidraget øker til omtrent ni prosent ved sprinter på seks sekunder (30).

Det anaerobe alaktaside energisystemet, som er spalting av kreatinfosfat, bidrar med umiddelbar energi fra ATP og kreatinfosfatlagrene i muskulaturen, og disse er da sentral for utførelsen av maksimalt muskelarbeid, som sprint, hopp og duellspill. For å opprettholde disse høyintense aktivitetene må det, om de varer lengre enn noen få sekunder, tilføres energi gjennom andre energisystemer. Det anslås at ca. 65% av energien i en maksimal sprint med varighet på tre sekunder kommer fra det alaktaside systemet (kreatinfosfatspalting), mens 32% kommer fra laktaside, som er spalting av glykose gjennom glykolysen, og de siste tre prosentene fra det aerobe systemet (30). Ved seks sekunder maksimal sprint er bidraget fra de to energisystemene like stort, men både det alaktaside og laktaside bidraget var redusert til

22% og 47% allerede ved 12 sekunders maksimal intensitetsaktivitet. Basert på disse estimeringene kan man anslå at fotballspesifikke situasjoner som vendinger, hodedueller, taklinger, skudd og lignende er av tilsvarende eller kortere varighet. Derfor er sannsynligvis energifrigjøringen gjennom anaerobe prosesser sentralt for fotballspillere, og i særlig grad fra det alaktaside. Basert på disse gjentakende aktivitetene gjennom en fotballkamp vil det føre til en tømming av kreatinfosfatet fra muskulaturen, som igjen vil medføre reduserte evne til å gjennomføre maksimal kraft og hurtighetsutvikling i perioder av kamper (31).

4.3.1 Ernæringsbehov i fotball(32)

Siden karbohydrater omdannes til glukose i leveren, og glukose kan spaltes hurtig under anaerob energifrigjøring, og glukose er den primære kilden til energi ved høy intensitet i den aerobe energifrigjøringen, er det den viktigste energikilden for musklene når man gjennomfører en aktivitet med høy intensitet. Dagen før en fotballkamp er treningene ofte med lav intensitet. Normalt bør en fotballspiller ha minst 6-8 g karbohydrater per kg kroppsmasse dagen før kamp (33). Dette skaper god lagring av muskel- og leverglykogen, og er estimert til å være tilstrekkelig mengde lagring for intensivt fotballspill i 90 minutter (33). Data fra en vennskapskamp i Danmark med mannlige utøvere fra lavere divisjon viste at omtrent 50% av muskelfibrene ble klassifisert som tomme eller delvis tomme etter kampslutt (22). I en studie fant de også ut at om spillerne hadde for lavt inntak av karbohydrater, som indikerer at de startet kampen med for lavt muskelglykogenlager, løp kortere avstander og hadde færre høyhastighetsløp, som var spesielt gjeldende i andre omgang sammenlignet med de som hadde fått tilstrekkelig med karbohydrater og startet kampen med et stabilt nivå av glykogenlager (34). I internasjonale fotballkamper bør karbohydratinntaket holdes innenfor 6-8 g karbohydrater per kg kroppsvekt per dag, og særlig 48-72 timer før en kamp for å fremme tilstrekkelig glykogenlagring (35). I realiteten er inntaket til spillerne mindre og kan være nærmere 4 g karbohydrater per kg kroppsvekt (35). Derfor klarer ikke selv internasjonale fotballspillere å spise nok karbohydrater. Dette er sannsynligvis på grunn av manglende kunnskap om betydningen av ernæring og/eller manglende appetitt (32). Å sikre høyt nok karbohydratinntak kan være utfordrende om man er uvant å spise mye karbohydrater. Ved normal treningshverdag bør spillere ha noe lavere inntak: 3-6 g karbohydrater per kg kroppsvekt og samtidig sikre optimalt inntak av fettstoffer, proteiner og mikronæringsstoffer (35). Men i dagene før kamp kan en strategi for å klare å spise nok karbohydrater være å ha et noe lavere inntak av fett og proteiner for dermed å ikke oppleve redusert appetitt på grunn av

metthetsfølelse fra proteiner og fett, som er to næringsstoffer med lengre omsetningstid i tarmen sammenlignet med karbohydrater som omsettes hurtigere (35). Siden kroppen er veldig tilpasningsdyktig for matinntak må kroppen trenes opp til å innta og absorbere nok karbohydrater. Derfor bør karbohydratinntak før og under fotballkamp, samt dagene før fotballkamp, trenes på for å hjelpe kroppen å tilpasse seg de store mengdene med karbohydrater. På kampdagen anbefales det å opprettholde glykogenlagrene og særlig fylle på karbohydrater for optimalt leverglykogen ved å innta et rikt måltid av karbohydrater 3-4 timer før selve aktiviteten. Dette måltidet bør inneholde 1-3 g karbohydrater per kg kroppsvekt (35). Data fra en studie antydde at et høyt karbohydratinntak før og under selve aktiviteten kan bidra til å forsinke trøttheten/utmattelsen og øke kapasiteten under høyintensive aktiviteter (36). En annen studie rapporterte også andre fordeler med høyt karbohydratinntak før fotballkamp, hvor spillernes tekniske ytelse i form av økt dribblingshastighet økte, ved å spise en større frokost hvor de sammenlignet 500 mot 250 kalorier hvor begge måltid inneholdt med 60% av energi fra karbohydrater, 135 minutter før kamp (37).

En annen viktig faktor for prestasjon er væsketap under fotballkamp og trening. Væske under aktivitet tapes gjennom svette. Væsketapet varierer mellom spillerne og det er ulike faktorer som kan påvirke svettefunksjonen under aktiviteten, som treningsintensiteten, miljøforholdene og klima. Negative effekter av dehydrering er blant annet økt kardiovaskulær belastning, nedsatt kognitiv funksjon, økt oppfatning av utmattelse, redusert fysisk funksjon og redusert tekniske ferdigheter (38). Dehydrering regnes som 2% vekttap, men allerede etter 1% vekttap i løpet av aktivitet er det observert redusert prestasjonseffekt hos idrettsutøvere (39). Dermed er det særdeles viktig å hindre/minske væsketap under fotballkamp og trening for å unngå prestasjonsnedgang i løpet av aktiviteten. Under trening og kamp hos mannlige spillere ble det rapportert ulike verdier av væsketap, fra 0.5 til 2.5 l liter per time (40), noe som indikerer at spillere bør optimalt sett innta mye væske i løpet av fotballkampen. Dette kan være en stor utfordring for spillerne, all den tid man ikke løper med drikkeflaske/belte på fotballkampen. En strategi kan være å ha drikkeflasker liggende klare rundt banen, og spesielt i soner hvor spillerne kan være ved stopp i spillet, som for eksempel ved målene før hjørnespark. Elektrolytter er enkelte mikronæringsstoffer som binder væske i kroppen. Natrium ser ut til å være den viktigste elektrolytten for å binde væske i kroppen (41). Derfor er det viktig å innta elektrolytter sammen med væske før og under fotballkamp for å binde nok væske. Dette kan gjøres ved å innta sportsdrikker som inneholder elektrolytter eller å samtidig spise en gel med drikken. Samtidig binder karbohydrater vann, hvor 1 g karbohydrat

binder 3 g vann (42). På denne måten vil karbohydratinntak og samtidig væskeinntak være med på å binde væske i kroppen før kamp for å hindre/minske dehydrering i løpet av fotballkampen.

4.4 Trethetsutvikling i fotball

Trethet kan defineres som en svikt i å opprettholde den forventende kraften eller svikten i å fortsette arbeidet på den gitte intensiteten (43). Bangsbo, Mohr og Krustруп (10) definerer trethet i fotball etter en intensiv periode i kampen og mot slutten av hver omgang. Det er i imidlertid utfordrende å vurdere trethetsutviklingen i fotball på bakgrunn av kampens åpne og uforutsigbare natur. Trethet er noe som forekommer og kan direkte relateres til fotballens irregulære og intervallbaserte aktivitetsmønster med stadige fartsforandringer gjennom hele kampen (44). I følge Mohr m.fl. (7) vises det at andelen sprinter og høy-intensitetsaktiviteter reduseres med 18-57% gjennom kampen og spesielt mot slutten av andre omgang sammenlignet med bolker tidligere i kampen. I følge Krustруп, Mohr, Steensberg (22) kan tretheten relateres til det å ha mangel på glykogen, men også dehydrering og overoppheting har også blitt nevnt som mulige forklaringsvariabler. Mohr, Krustруп og Bangsbo (7) påpeker i sin oversiktsartikkel at man finner en reduksjon i tilbakelagt distanse, høyhastighetsløp og sprinter i andre omgang sammenlignet med første omgang. Dette finner imidlertid ikke Sarmiento m.fl. (4), hvor intensitetsparameterne økte fra første til andre omgang. Det ble også sett en reduksjon i antall høyhastighetsløp i en påfølgende femminutters periode til femminutters periode med mest høyhastighetsløp (7). En annen studie viste også en nedgang i antall akselerasjoner og deakselerasjoner utover i en fotballkamp (45). I tillegg kan det være kontekstuelle faktorer som spiller inn på en eventuell trethet i løpet av en fotballkamp, som kvalitet på motstander, hjemmebanefordel, resultat og viktigheten av fotballkampen, og hver fotballkamp kan vurderes til «å leve sitt eget liv» med mange frihetsgrader som påvirker utmattelse og trøtthet hos fotballspillere (4). Forskjell i trethet i en fotballkamp kan også være en konsekvens av restitusjonsforløpet fra treninger eller tidligere kamper (4). I enkelte ligaer, hvor de deltar i flere turneringer som hjemlig serie, cuper og internasjonale turneringer (UEFA Champions League, Europa League, FIFA World cup), kan det spilles kamper opp mot hver tredje dag. Nå, under koronapandemien, har enkelte serier og kamper blitt utsatt, som resulterer i et tettere kampprogram. Det gjør at det spilles fotballkamper nesten hver tredje dag oftere enn hva som er blitt gjennomført tidligere.

Andre individuelle fysiologiske eller psykologiske faktorer kan også påvirke tretthet, som dehydrering, mangel på tilgjengelig lever- og muskelglykogen og mental tretthet (46). Nedelec m.fl. (46) viser til at fotballspillere ikke er tilstrekkelig restituert i form av sprinter, hopp, maksimal styrke og tekniske ferdigheter når det er en ny kamp 72 timer etter forrige kamp, og dermed vil fotballkamp hver tredje dag være særlig utfordrende for fotballspillere på høyt nivå med tett kampprogram. Nedelec m.fl. poengterer også i studien at ytre faktorer også spiller inn når det kommer til om man er restituert etter 72 timer, som kampresultatet, kampsted, spilleflate (46). Det kommer tydelig frem i studien at man ikke kan anslå helt sikkert at det er en utfordring, og at det trengs mer forskning på dette feltet, men at det kan være en indikasjon. I en studie av Dupont m.fl. påvirket ikke et tett kampprogram spillernes fysiske prestasjon i kampen, da de ikke fant forskjeller i tilbakelagt distanse, høyintensitetsløp, sprinter og antall sprinter når spillerne spilte flere enn en kamp i uken (47). Dupont m.fl. poengterte ut ifra to kamper med et mellomrom på 72-96 timer, at det var høyere skaderisiko å spille flere enn en kamp i uken, hvor risikoen var 25.6 versus 4.1 skader per 1000 timers aktivitet med henholdsvis flere versus en kamp i uken (47). Dette er også vist av Dellal m.fl. (48) hvor de ikke fant noen reduksjon i spillernes prestasjoner når det ble spilt seks kamper på tre uker, ei heller når det ble spilt åtte kamper på 26 dager. I studien til Dellal m.fl. fant de også samme resultat som studien til Dupont m.fl. som var at skaderisikoen var høyere under den intense perioden sammenlignet med perioden hvor det kun ble spilt en kamp i uken (48). Interessant nok indikerer disse studiene at profesjonelle spillere makter å prestere optimalt i kamper, selv med et kampprogram med kamper hver tredje dag. I form av studiene nevnt over ser man ikke noen reduksjon på fysiske parametere i fotballkamper som kommer tett, men skaderisikoen øker betraktelig, som kan ha en indirekte effekt på fotballprestasjonen til et fotballag. Flere skader på sentrale fotballspillere kan ha en indirekte effekt på prestasjonen på laget ved at spillere som ikke ellers ville spilt må spille i fravær av de som vanligvis spiller eller at enkelte spillere må spille i uvante posisjoner. For eksempel, Hagglund m.fl. (49) viste at med lav skadeforekomst i en sesong, presterte lag i UEFA Champions League bedre i både nasjonal og i europeisk cup sammenlignet med lag med høyere skadeforekomst i løpet av fotballsesongen. Dette kan begrunnes med at suboptimale forhold med tett kampprogram og mangelfull restitusjon øker risikoen for skader under selve kampen som kan påvirke både kampbildet, spillergruppen og enkeltspillere.

4.5 Oppsummering, fysiske krav i fotball.

Fotball og spesielt fotballkampen er som sagt både uforutsigbar, kompleks og åpen. Dermed er det mange faktorer som påvirker fotballspillet og hver spiller i sin aktivitetsprofil. Ut fra studiene overfor, kan man trekke frem at det å inkludere både prestasjonstester, biokjemiske målinger og subjektive vurderinger er viktig for å kunne anslå spilleres tretthetsstatus etter en fotballkamp.

4.6 Relevante fysiske tester i fotball

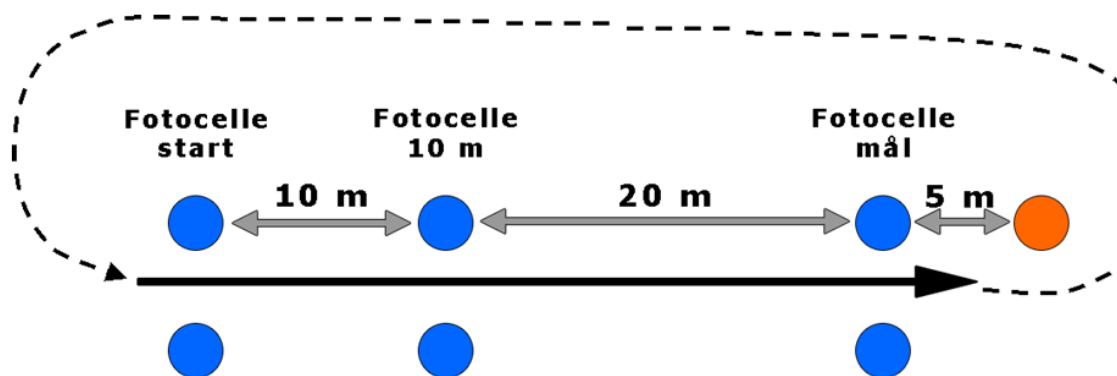
Det å kunne overvåke fotballspillere gjennom ulike fysiske tester er viktig for å evaluere hvert enkelt individ og laget som et kollektiv både under treningsøkter og under selve fotballkamper. De ulike testene er en vurdering av hver enkelt analyse av den fysiske, tekniske og taktiske håndteringa av spillerne (50). Testene kan enten foregå gjennom laboratorier eller ute, alt avhengig av hvilke ressurser laget/klubben har til rådighet. Betydningen av genetik er større når det kommer til hurtighet enn andre fysiske egenskaper, og det blir også ansett som lite trenbart (51). Tidligere studier har dog vist at dersom man trener spesifikt på hurtighet har man mulighet til å forberede og utvikle hurtigheten (52). En annen studie har også vist at sprinttrening kombinert med styrke og spensttrening over en periode på 8-13 uke gir progresjon i spillernes hurtighet (53).

En 10 m, 20m og 40m meter sprinttest blir brukt for å måle den maksimale sprinthastigheten en fotballspiller kan utvikle på den utvalgte avstanden. En slik test består av elektroniske målingsporter, med en trådløs tilkobling til en måler som blir brukt til å måle start og sluttid på en disse hurtighetstestene. En infrarød sender med tilhørende reflektor blir så plassert på hver side av en løpesone på 10, 20 og/eller 40m (54).

4.6.1 Repetert sprinttest

En repetert sprinttest er en test som kan bestå av at hver utøver sprinter 6x30 meter med 30 sekunders startintervall (55). Hver enkelt deltaker i testen blir oppmuntret til å gi maksimalt i hver sprint og instruert til å starte en nedbremsing 2 meter etter den passerte 30 meters grensen. Det blir gjerne benyttet fotoceller i en repetert sprinttest, hvor hver deltaker må bryte laseren for å få registrert sin løpstid (56). Etter hver sprint, blir deltakerne bedt om å ta en lett jogg tilbake til start med en passiv restitusjonstid på ca. 4-6 sek før neste sprint blir

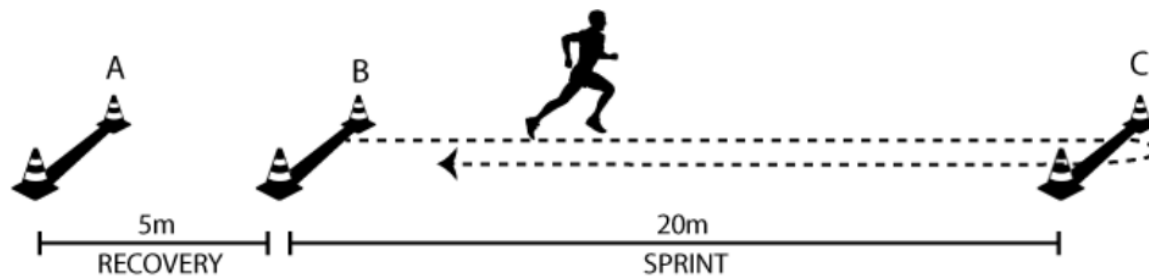
gjennomført. Av samtlige 6 sprinter blir den raskeste sprinten registrert som sin maksimale sprinthastighet. Det gjennomføres gjerne repeterte sprinter fordi internasjonal fotball består av hurtig gjentakelse av sprinter og det er dermed et stort krav (31). Repetert sprint er en kompleks treningsform og stiller krav til hurtighet og spesifikk utholdenhet, som er avhengig av både metabolske og neurologiske faktorer (31). Kravene til den repeterte sprintevnen for fotballspillere varierer fra spilleposisjon og nivå (15, 21) og kan også variere ut ifra alder med tanke på hva som kreves (57). En repetert sprinttest er illustrert i Figur 3.



Figur 3. Figuren illustrerer en repetert sprint test, hvor spilleren løper fra start rett frem 10, 20, 30 eller 40 meter, og logger så rolig tilbake til start. Figuren er vist med tillatelse fra Edvard Sagelv.

4.6.2 Anaerobe tester

Yoyo-IR1 og IR2 (IR=intermittent run/gjentagende løp) er to tester som oftest blir omtalt som gode fotballfysiske tester for å måle utholdenheten til fotballspillere, dette på grunn av start- og stoppfunksjonen i testen (58). En vanlig yoyo test har en løpedistanse på 20m, hvor man går 5m mellom hver løpsdistanse. Testen består av at spillerne springer på signal fra for eksempel kjegele B og løper 20 meter, og må nå frem til kjegele C før neste pip. Spillerne løper så tilbake til kjegele B før neste pip. Spillerne har da mulighet til å gå frem til kjegele A som er 5 meter frem, men må være tilbake til kjegele B før et nytt løp starter, og slik gjentas dette i gradvis økning av tempo, og testen avsluttes når spilleren ikke rekker i mål før det piper (59). Testen er illustrert i Figur 4.



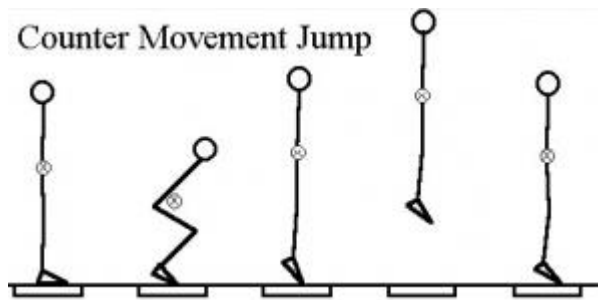
Figur 4. Figuren illustrer en yo-yo-test hvor deltakeren springer fra kjeGLE B til C før signalet, vender 180° og løper tilbake til kjeGLE B før signalet, og deretter går rolig fra kjeGLE B til A og tilbake før neste signal. Hentet fra Yo-Yo test 10.05.2021, link:

<https://www.theyoyotest.com/versions-which-one.htm>

Forskjellen på yo-yo IR1 og IR2 er at IR1 testen starter på lavere hastighet med fire løp på $10\text{--}13\text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$, etterfulgt av 7 løp på $13.5\text{--}14\text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$, før hastigheten går opp $0.5\text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ etter 8 løp helt til spillerne ikke rekker tilbake til start før pipet er der. Yo-yo IR2 starter på en høyere hastighet med to løp på 13 og $15\text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$, etterfulgt av to løp på $16\text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$, tre løp på $16.5\text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$, fire løp på $17\text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$, før hastigheten går opp $0.5\text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ etter 8 løp helt til spillerne ikke rekker tilbake til start før pipet (58). Forskjellene på disse to testene er at yo-yo IR1 er en metode for å teste utholdenhetskapasiteten, mens IR2 testen ble utviklet for å se evnen til å gjennomføre høyintensiv trening med anaerob energiomsetning (14).

4.6.3 Hopptester

Countermovement Jump er en test bestående av ett hopp med svikt i knærne. Hoppene gjennomføres på en kraftplattform, hvor plattformen beregner hopp høyden ut i fra kroppsvekten og kraften som utvikles mot bakken i satsen (60). Hopp høyden oppgis i cm og er et uttrykk for tyngdepunktets vertikale forflytning, og i de fleste tilfelle er det ikke lov å benytte seg av armsving. Det stilles krav om plassering av hendene på hoftekammen gjennom hele satsbevegelsen og testen gjennomføres med ca. 3-5 hopp med korte pauser på ca. >3 min. Det er det høyeste hoppet av alle forsøkene som blir registrert (60). En countermovement jump er illustrert i Figur 5.

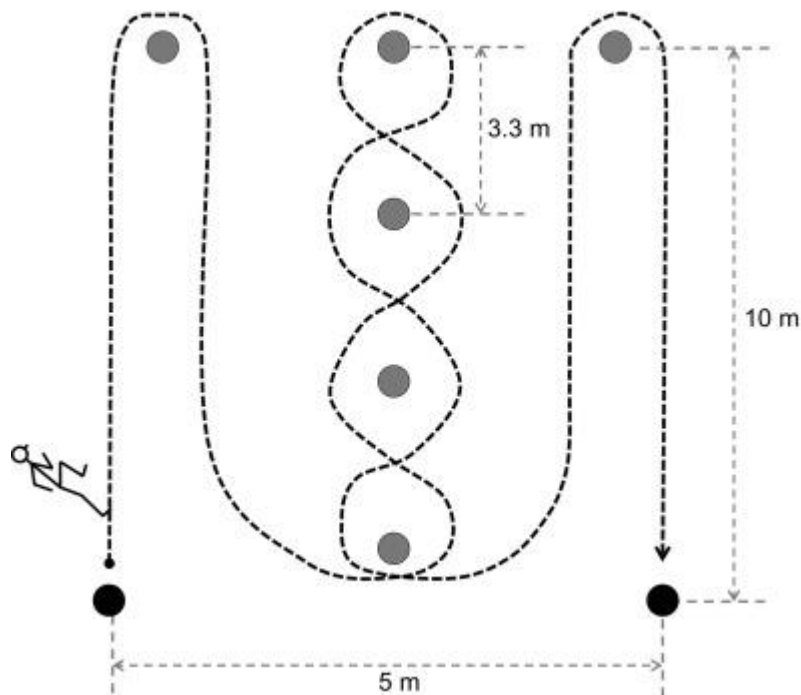


Figur 5. Bildet illustrerer en countermovement jump test ved 1) startposisjon, 2) svikt i knærne med hendene på hofta og 3) svevfasen før kraftplattformen registrerer landing. Hentet fra Track Football Consortium 10.05.2021, link:

<https://trackfootballconsortium.com/countermovement-and-squat-jump/>.

4.6.4 Retningsforandringstester og «agility»

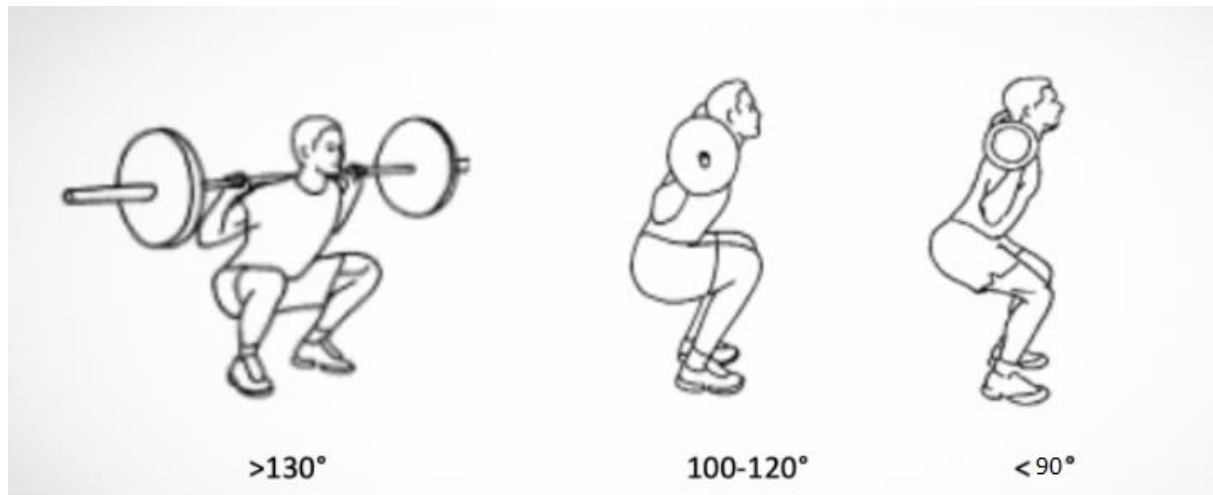
Retningsendring/retningsforandring er en viktig forutsetning for fotballspillere i et fotballag. For å måle dette blir retningsforandringstesten Illinois anvendt for å teste retningsendringen hos fotballspillere (61). Målet med testen er å evaluere påliteligheten og nyttefunksjon blant fotballspillere, særlig når man vet at fotballspillere har 1200 til 1400 retningsforandringer gjennom en fotballkamp (62). Selve testen er at fotballspillerne springer fra kjegle A og 10 meter frem til kjegle B før de snur og løper på skrå 10 meter tilbake til kjegle C. Fra kjegle C springer man slalåm mellom 4 kjegler med 3.3 meter mellomrom før de gjentar dette tilbake til kjegle C. Etter det springer de 10 meter fremover på skrå til kjegle D, før de snur og springer til kjegle E hvor testen avsluttes (61). Totaltiden blir målt og man har dermed en referanseverdi som man kan se tilbake på etter trening på dette området. På bakgrunn av testen kunne de anslå i studien at det var en høyt pålitelig test med tanke på fotballspill og var et passende bruksverktøy for å måle kapasiteten til fotballspillerne (61). Det blir også sagt at Illinois retningsforandringstest brukes som et standardmål for å kvantifisere retningsendringer hos fotballspillere (61). «Agility»-test er også en test bestående av retningsforandringer. Forskjellen fra «vanlig» retningsforandringstester er at «agility» også har med stimuli som testpersonen skal reagere til. For fotball kan dette være relevant, da man gjerne gjør sine bevegelser som respons til hvor ballen er og eventuelt hvordan motstandere og medspillere beveger seg (63). En retningsforandringstest er illustrert i Figur 6.



Figur 6. Figuren illustrerer en Illinois-test for retningsforandringer. Figuren er hentet fra Thapos.com, dato: 10.05.2021, link: <https://thapos.com/sports-library/test-track-progress/assess/all-sports/physical-condition/119/illinois-agility-test>

4.6.5 Styrketester

Knebøyttest 1 repetisjon maksimum (1RM) er en test bestående av en vektstang med utførelse av en knebøy for å måle den maksimale repetisjon. For fotballspillere bruker man gjerne 90° i kneleddet (mellom femur og tibula) da dette er bevegelsesbanen i kjappe og korte sprinter under fotball. For andre utøvere, som sprintere og alpint, kan gjerne knebøyttester med dypere knestilling (f.eks. femur vertikalt med gulvet) være mer relevante da disse utøverne ofte har dypere knestillinger i sine respektive utførelser av idrettene. Kriteriene for å få til 1RM er at kneleddet skal være på 90° på tur ned også oppnår man en fullført test ved at kneleddet er på 180° ved opptur (64). 1RM blir vanligvis registrert ved at utøveren ikke klarer tyngre vekter ved både utgangsposisjon ved 90° og ikke klarer å fullføre hele bevegelsen til å oppnå 180° (64). 1RM i knebøy er vist å være assosiert med sprint og hopp høyde, og dermed kan man anta at en høy 1RM i knebøy er relevant for fotballspillere (65). Vinkel i kneleddet er illustrert i Figur 7.



Figur 7. Bildet illustrerer forskjellig knevinkel for Knebøy. Det mest relevante for fotballspillere er sannsynligvis 90° i kneleddet.

4.6.6 Maksimalt oksygenopptak

Maksimal oksygenopptak (VO_2 maks) er et mål for kroppens maksimale evne til å ta opp og omsette oksygen per tidsenhet ($L \cdot \text{min}^{-1}$) eller relativt til kroppsvekt og tid ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) og det er også kroppens maksimale hastighet på aerob energifrigjøring og maksimale aerobe kraft («aerobic power») (25).

En vanlig test for å få testet maksimalt oksygenopptak er på en tredemølle eller ergometersykkel med en maske eller munnstykke hvor det trinnvis er økning i belastning i form av hastighet på tredemølle (normalt $1.0 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$ hvert minutt evt $\frac{1}{2} \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$ på slutten) eller belastning på ergometersykkel i form av watt. Økning i belastning foregår gjerne til utmattelse. For fotballspillere vil 5.25% stigning være ideelt og en test varer mellom 3-4 minutter og skal ikke overstige 6 minutter. Det er viktig at testen ikke varer for lenge da en lang test kan bli en test av aerob kapasitet over en gitt tid eller distanse. En kort test gjør gjerne at man tester den aerobe styrke/kraften i form av «aerobic power» (25). Det er flere kriterier for å spesifikt definere maksimalt oksygenopptak. Hovedkriteriet er at når oksygenopptaket flater ut, er testen ansett som å være ferdig. Ofte bruker man også RER (respiratory exchange-ratio)-verdi som er forholdet mellom produsert karbondioksid (CO_2) og forbrukt oksygen (O_2). RER-verdi over 1.0 indikerer bidrag av anaerob energifrigjøring (og dermed under 1.0 som ren aerob energifrigjøring), og derfor ansees gjerne maksimalt oksygenopptak under test som en test med anaerobt bidrag mot slutt. Kriteriet settes gjerne til

1.05, 1.10 eller 1.15.. Flere kriterier kan gjerne også benyttes, som blodlaktatverdier over 8 mmol/L, RPE (rating of perceived exertion=grad av utmattelse) over 17 på Borg's 6-20 scala (66).

I fotball regnes ikke maksimalt oksygenopptak blant de viktigste faktorene for å kunne tilsi om man er god til å spille fotball. Men det er ikke ubetydelig; i fotball har tidligere studier vist at om man har et maksimalt oksygenopptak på $65 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ eller høyere spiller man elitefotball, men som de i studien påpeker stilles det høyere krav til både hurtighet, spenst og «agility» om maksimalt oksygenopptak er på et høyt nok nivå (67). Det er derfor en pekepinn på hva slags krav det stilles for å spille elitefotball, men sier ingenting om hvor god en fotballspiller er.

Lambert m.fl. (68) lagde en test kalt beep-testen. Det er en test hvor det er 20 meter mellom kjeplene, hvor spillerne springer frem og tilbake på 21 forskjellige nivåer/trinn. Testen starter på trinn 1 med en hastighet på $8.5 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ med sju runder, før man øker til neste trinn og det økes med $0.5 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ for hvert trinn. Trinn 21 er trinn og har en hastighet på $18.5 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ som skal gjennomføres 16 ganger. En beep-test er lik yoyo-test, men mangler en pause fra kjele B til A hvor spilleren går rolig (se Figur 4).

4.6.7 Validitet og reliabilitet

Validitet omhandler at testen som blir brukt faktisk måler det den faktisk skal måle (69). For eksempel vil laboratorietester gjerne ha lav økologisk validitet sammenlignet med fotballspesifikke felttester (70). Med økologisk validitet (ecological validity) menes en test som gjenspeiler «real life settings=omstendigheter i den virkelige verden», som i dette tilfellet er fotballspillet.

Både akselerasjon og toppfart er to viktige faktorer av en sprintpresentasjon til fotballspillere, og begge disse stilles høye krav til med å prestere på det høyeste nivået (3). På grunn av at fotball er et komplekst spill og at i en fotballkamp varierer bevegelsesmønsteret ofte, så finnes det ulike tester som også inneholder retningsforandringer, hvor en test som inneholder 180° vendinger kan tenkes å ha høy økologisk validitet (71). Reliabiliteten til en test forteller om resultatene er pålitelige og om testen måler den samme egenskapen med lik målesikkerhet ved gjentatte målinger, med andre ord, om tester er repeterbar om vi gjør testen igjen på samme

utvalg, og reproducerbar i form av at andre kan reproducere testen en annen plass med andre deltakere og dermed gjøre resultatene sammenlignbare (69).

4.7 Monitoreringssystemer i fotball

Det finnes i dag mange mulige måter å monitorere fysisk prestasjon i fotballkamper og trening. Mange klubber i dag bruker «Global Positioning System (GPS)-tracking», som bruker GPS-signaler fra satellitter. F.eks. er studier fra engelsk Premier League hovedsakelig basert på GPS-målinger (13). Et annet mye brukt system er radiobølger, som blir brukt ved å plassere mottakere omkring stadion hvor kampene spiller (72). Radiobølger fra «ZXY-sports tracking» ble blant annet brukt i min studie. Et tredje brukt system er akselerometri, som blant annet brukes av fjorårets seriemester i Norsk Eliteserie, Bodø/Glimt (73). Videre kan man bruke videoanalyser og hjertefrekvensmålinger, som ble mye brukt tidligere. Til slutt kan også subjektive rapporteringer, som PMsys, gi indikasjoner på trening- og kampbelastning, men de gir ikke fullt ut så mye informasjon som andre systemer. I dette underkapitlet vil jeg diskutere svakheter og fordeler med disse systemene.

4.7.1 Global Positioning system (GPS)

I en artikkel til Bush m.fl. (13) har de anvendt teknologien GPS, som er GPS signaler fra satellitter. GPS-teknologien de anvendte var «Prozone», som er et sporingssystem ved hjelp av data som blir fanget opp fra kamera som er blitt hengt opp på taknivået på stadionene. GPS brikken er plassert i en vest øverst på ryggen, som fotballspillere bruker under kampen. Ut ifra dataen kunne de få et datasett bestående av spillernes fysiske og tekniske ytelse gjennom en fotballkamp. Det ble gjort totalt 22846 observasjoner basert på 1036 spillere. Ut i fra disse observasjonene kunne man få ut høyhastighetsløp, sprint og total distanse (13). Fordelen med dette programmet er at det kan anvendes overalt så fremst det er GPS-signaler. Man får like tall både når laget spiller hjemme og borte siden man bruker samme teknologi. Ulempen er at tidligere forskning har vist at vær påvirker resultatene og at GPS er plassert midt i Europa slik at for eksempel norske klubber som spiller kamper på høye breddegrader sammenlignet med hvor GPS'en er plassert i luften (72).

4.7.2 Radiobølger

ZXY-sport monitoreringssystem, brukes av klubber til både kamp og trening for å registrere fysiske parametere. Ut ifra ZXY kan man få parametere for total distanse, vendinger, høyhastighetsløp, sprint, akselerasjon, og den høyeste hastigheten som blir sprunget i løpet av kampen (26). Hver spiller blir utstyrt med et belte rundt livet, hvor en brikke med akselerometer og radiobølger festet på korsryggen registrerer bevegelsene. Dette skyldes at sensoren er så nær kroppens tyngdepunkt som mulig og dermed gir mest mulig korrekte avlesninger av spillernes bevegelser. Beltet inneholder elektroniske sensorer som registrerer bevegelsene til spillerne i tre akser og registrerer spilleren sin forflytning som gjøres i løpet av samtlige minutter i en trening eller kamp. Brikken overfører data via mikrobølgeradio til RadioEyeTM-sensorer som er montert på lagets hjemmebane. Hjemmebanen har seks stasjonerte sensorer og systemet er satt til å registrere 20 ganger per sekund (20Hz). Hver sensor dekker baneområdet på 90 grader (74).

Fordelen med ZXY er at det kun er blitt anslått å ha 2% feilmargin ifølge Stevens (75). Ulemper med ZXY er at det er stasjonære sensorer som kun er på den aktuelle stadionen. Med andre ord kan man anta at tallene på de ulike variablene vil være ulikt når det er snakk om hjemme og bortebane.

En studie hvor spillere løp rundt en fotballbane på utsiden av linjen indikerer høy presisjon for ZXY Sports Tracking (72). I denne studien sammenlignet de presisjonen til ZXY og GPS-signaler fra «Polar Team Pro», hvor GPS-signalene var mer ustabile og indikerte at spillerne også løp innpå banen, noe som ikke var tilfelle (72). Dette kan indikere at GPS-signaler er mer upresis enn radiobølger med mottakere på stadion, eller dette kan også være et resultat av at GPS-satellittene er plassert over Mellom-Europa mens målingene skjer ved høyere breddegrader som nevnt over.

4.7.3 Akselerometri

Akselerometri er måling av akselerasjoner. Om man plasserer disse på bestemte kroppsdelar kan man måle akselerasjonen for den kroppsdel som akselerometeret er plassert, eller det kan gi en indikasjon på bevegelse for ledd. Et slikt akselerometer finnes blant annet i beltet til ZXY Sports tracking. Dalen m.fl. (23) og Barret m.fl. (76) undersøkte en variabel i akselerometeret kalt «Playerload» som kan forklares som summen av akselerasjoner i tre plan

og er tenkt å være en indikasjon på total treningsbelastning. I studien til Dalen og kollegaene hadde brede forsvarsspillere 11955 ± 1548 akselerasjonstillinger, som indikerte at de hadde lavere «playerload» enn samtlige andre posisjoner, mens brede midtbanespillere (15113 ± 2304 akselerasjonstillinger) hadde høyest playerload. Barrett sin studie tok ikke for seg posisjonsspesifikke analyser, men fant lavere gjennomsnittlig playerload, omtrent 1000 akselerasjonstillinger på sentrale forsvarsspillere enn de andre posisjonene.

Playermaker er et akselerometer som plasseres på foten til spillerne, hvor det fra disse kan måle akselerasjon til foten, som kan gi uttrykk for steg, hastighet og høyintensive løp og sprinter (73). Playermaker er relativt nytt som monitoreringsverktøy og dermed foreligger det ikke særlig mange studier. En studie publisert av Playermaker selv indikerer høy presisjon og at systemet er like bra som GPS-signaler (73). Samtidig skal man vurdere denne studien med varsomhet, da det kan foreligge interessekonflikt siden de som gjorde studien også har utviklet systemet. Uavhengige studier som undersøker validiteten til Playermaker og eventuelt andre systemer som baserer seg utelukkende på akselerometri må gjøres før man kan trekke endelige konklusjoner om systemet sin målepresisjon.

4.7.4 Videoanalyser

Videoanalyser blir gjort slik at hver enkelt spiller på banen blir filmet av et kamera. I studien til Helgerud m.fl. (8) ble et utvalg fotballspillere filmet med et videokamera (Panasonic M2), 5 meter fra sidelinjen og 10 meter høyere enn selve fotballbanen. Resultatet av videoen ble lagt i et redigeringstabell som lagde sakte film og lagde best mulige ramme for rammeanalysen som mulig, samt en merkepenn som var spesialdesignet programvare for å anvende på PC til å følge bevegelsene til spillerne og bestemme avstander som ble løpt i løpet av en kamp (77). I studien til Helgerud m.fl. (77) ble det målt følgende parametere basert på videoopptakene; total distanse, antall pasninger, antall involveringer med ballen, antall spurter og sprinter som var lengere enn 2 sekunder.

Ulempen med videoanalyse er at dette er svært tidkrevende. Hvor hver bevegelse blir analysert og målt basert på hvilke parametere som skal fokuseres på kan også påvirke presisjon i analysen. Fordelen er at man kan gjenoppleve og vurdere situasjoner flere ganger som igjen kan gi en oppfattelse av situasjonen. Det som også er fint med videoanalyse er at man både får sett spillet og i hva de ulike spillerne gjorde med ballen.

4.7.5 Hjerterefrekvensmålinger

Hjerterefrekvensmålinger er måling av hjerterefrekvens. Hjerterefrekvens måler hjertets belastning til enhver tid. Dette kan være et godt monitoreringsverktøy i utholdenhetstrening og kan være med å styre intensiteten i treningen. Fotball er derimot en aktivitet med mange anaerobe aksjoner som repeteres. Dermed fanger ikke hjerterefrekvensmålinger opp disse anaerobe aksjonene. Selv om hjerterefrekvensen kan variere i løpet av en fotballkamp eller trening basert på hvor intensivt aktiviteten er måler den ikke disse bevegelsene direkte. At hjerterefrekvensen øker etter en anaerob aksjon gjenspeiles i økt aerob energiomsetning som gjerne brukes til å resyntesere kreatinfosfat. Dermed er økt hjerterefrekvens ved høyt intensivt fotballspill et uttrykk for restitusjonsevne av anaerobe aksjoner. På denne måten er ikke hjerterefrekvens et mye brukt monitoreringsverktøy i nøyere forskning innenfor fotball, men det har blitt brukt tidligere (8, 78).

4.7.6 Subjektive rapporteringer

Et siste monitoreringsverktøy er rapportering av subjektiv opplevd anstrengelse og utmattelse før, under og etter fotballkamp eller trening. Et eksempel kan være RPE: rating og perceived exertion=grad av opplevd utmattelse. I en studie undersøkte man om RPE kunne være en god indikator på den total treningsbelastningen for fotballspillere (79). Det var 19 spillere med i undersøkelsen hvor hver enkelt spiller skulle rangere trøttheten/slitsomheten av økta basert på hva de følte. De brukte modellen til Foster (80) hvor skalaen gikk fra 0-10 og hvor hver enkelte av disse tallene var fra hvile til maksimal i stigende rekkefølge. Hver spiller skulle plote dette inn i et skjema innen 30 minutter etter hver økt, hvor de trente 4 treningsøkter og en kamp i uken. Disse tallene som var den subjektive rapporteringen til hver enkelt spiller ble så målt opp med målene fra hjerterefrekvensen fra treningen. Her fant de forskjeller i korrelasjon mellom hjerterefrekvensen i treningsbelastningen og den subjektive rapporteringen (79). Ut fra denne studien kan man anslå at den subjektive rapporteringen kan bidra til å gi et mer eierskap til hver enkelt spiller, for å lære seg å kjenne sin egen kropp og hvordan hver enkel spiller opplever treningsbelastningen. Noe de også påpeker i studien er at ved undersøkelse av den subjektive rapporteringen vil det være mer pålitelig mål på treningsbelastningen når både anaerob og aerob systemet er aktivert (79). Det er også et program som verken er dyrt eller krever mye utstyr for å få gjennomført. Basert på denne

studien var det bare rundt 50% av variansen i hjerterefrekvensen som kunne forklares med rapporteringen av den subjektive følelsen (79), noe som kan gjenspeiles i at hjerterefrekvens kun måler aerob belastning for hjertet. Subjektiv rapportering kan og gi svar på hvordan hver enkelt spiller opplever sin utmattelse, noe som ikke alltid samstemmer med andre fysiske måleinstrumenter. Dette kan gi andre bidrag og kan supplementere fysiske parametere i monitorering av fotballspillere subjektive rapporteringen er også et enkelt hjelpemiddel for trenere og idrettsforskere for å observere treningsbelastningen, men den vil aldri gi et riktig bilde av hva som er nødvendig eller hva de faktiske tallene sier noe om.

5 Vitenskapssyn

Jeg benytter et positivistisk vitenskapssyn i denne masteroppgaven. Positivismens utgangspunkt ifølge Brottveit (81) er at det bare er den kunnskapen som man kan vite noe om som er vitenskap eller kunnskap. Spesielt innenfor naturvitenskapelige fag har positivisme stor innflytelse på hva som betegnes som vitenskapelig kunnskap. Positivisme er en forklarende vitenskap, dette på bakgrunn av at i en positivistisk vitenskap søkes det gjerne etter årsaksforklaringer, nomotetiske sammenhenger og erfaringsmessige opplevelser. I denne masteroppgaven vil vitenskapelig sammenheng innebære å angi eller begrunne årsaken til at bestemte hendelser forekommer.

Det positivistiske kunnskapssynet er grunnlag for kvantitative forskningsmetoder. Dette blir dannet for at man søker kunnskap som er målbar, altså standardiserte metoder. Min oppgave kan ansees å være naturvitenskapelig, i form av kvantitative målinger og statistikk. Gjennom kvantitative metoder oftest gir grunnlag for statiske fremstillinger, tabeller eller grafiske figurer.

Hypotetisk-deduktiv metode er den mest utbredte metoden i kvantitativ forskning og eller i en naturvitenskapelig forskning. En hypotetisk-deduktiv metode er gjerne at man tester om sin hypotese er sann. I realiteten tester man ikke det, men man tester sannsynligheten for at nullhypotesen er usann. Ved en hypotese skaper man seg en testbar påstand som lar seg måle. Nullhypotesen er den motsatte påstanden. F.eks. kan man hypotesen være at «menn er høyere enn kvinner». Nullhypotesen er da at «menn er ikke høyere enn kvinner». Om man da måler mange kvinner og menn kan man statistisk teste sannsynligheten for om nullhypotesen holder, f.eks. med en uavhengig t-test. Ved en satt alfaverdi, vanligvis <0.05 , kan man da teste

sannsynligheten for at nullhypotesen ikke stemmer. Ved en p-verdi på 0.04 er det da 96% sannsynlig at nullhypotesen ikke stemmer; menn er ikke høyere enn kvinner. Imidlertid kan man ikke utfra positivisme si at menn er høyere enn kvinner, men kun at påstanden om at menn er ikke høyere enn kvinner ikke stemmer. I realiteten kan da svaret være enten at sannsynligvis er menn faktisk høyere, eller at sannsynligvis er menn like høye som kvinner. Forskningen vil enten avkrefte eller bekrefte hypotesen man har grunnlagt før selve undersøkelsene. På fagspråket vil det si at testresultatet gir grunnlag for å trekke slutninger (dedusere). Gjennom en hypotetisk-deduktiv metode gir det kunnskap, som betegnes som sikker kunnskap som enten kan bidra til å styrke, nyansere eller avkrefte teorien man hadde som utgangspunkt, men den kan ikke bekrefte at teorien eller hypotesen man hadde som utgangspunkt før undersøkelsen og test er sann.

6 Referanseliste Kunnskapsgrunnlag

1. Giulianotti R, Robertson R. The globalization of football: a study in the glocalization of the 'serious life'. *The British journal of sociology*. 2004;55(4):545-68.
2. Faude O, Koch T, Meyer T. Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of sports sciences*. 2012;30(7):625-31.
3. Di Salvo V, Pigozzi F, González-Haro C, Laughlin M, De Witt J. Match performance comparison in top English soccer leagues. *International journal of sports medicine*. 2013;34(06):526-32.
4. Sarmento H, Marcelino R, Anguera MT, Campaniço J, Matos N, Leitão JC. Match analysis in football: a systematic review. *Journal of sports sciences*. 2014;32(20):1831-43.
5. Reilly T, Bangsbo J, Franks A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of sports sciences*. 2000;18(9):669-83.
6. Osgnach C, Poser S, Bernardini R, Rinaldo R, Di Prampero PE. Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(1):170-8.
7. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Fatigue in soccer: a brief review. *Journal of sports sciences*. 2005;23(6):593-9.
8. Helgerud J, Engen LC, Wisloff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and science in sports and exercise*. 2001;33(11):1925-31.
9. Abbiss CR, Laursen PB. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Medicine*. 2008;38(3):239-52.
10. Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of sports sciences*. 2006;24(07):665-74.
11. Lago-Peñas C. The role of situational variables in analysing physical performance in soccer. *Journal of human kinetics*. 2012;35(1):89-95.
12. Waldron M, Highton J. Fatigue and pacing in high-intensity intermittent team sport: an update. *Sports medicine*. 2014;44(12):1645-58.
13. Bush M, Barnes C, Archer DT, Hogg B, Bradley PS. Evolution of match performance parameters for various playing positions in the English Premier League. *Human movement science*. 2015;39:1-11.

14. Bangsbo J. Aerobic and anaerobic training in soccer:[special emphasis on training of youth players]: University of Copenhagen, Inst. of Exercise and Sport Sciences; 2007.
15. Bradley PS, Di Mascio M, Peart D, Olsen P, Sheldon B. High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *The journal of strength & conditioning research*. 2010;24(9):2343-51.
16. Iaia FM, Ermanno R, Bangsbo J. High-intensity training in football. *International journal of sports physiology and performance*. 2009;4(3):291-306.
17. Serpiello FR, McKenna MJ, Stepto NK, Bishop DJ, Aughey RJ. Performance and physiological responses to repeated-sprint exercise: a novel multiple-set approach. *European journal of applied physiology*. 2011;111(4):669-78.
18. Little T, Williams A. Specificity of acceleration, maximum speed and agility in professional soccer players: Routledge London, UK.; 2003.
19. Strøyer J, Hansen L, Klausen K. Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play. *Medicine and science in sports and exercise*. 2004;36(1):168-74.
20. Haugen TA, Tønnessen E, Seiler S. Anaerobic performance testing of professional soccer players 1995–2010. *International journal of sports physiology and performance*. 2013;8(2):148-56.
21. Di Salvo V, Gregson W, Atkinson G, Tordoff P, Drust B. Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *International journal of sports medicine*. 2009;30(03):205-12.
22. Krstrup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, Kjær M, Bangsbo J. Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine and science in sports and exercise*. 2006;38(6):1165-74.
23. Dalen T, Jørgen I, Gertjan E, Havard HG, Ulrik W. Player Load, Acceleration, and Deceleration During Forty-Five Competitive Matches of Elite Soccer. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2016;30(2):351-9.
24. Vigne G, Gaudino C, Rogowski I, Alloatti G, Hautier C. Activity profile in elite Italian soccer team. *International journal of sports medicine*. 2010;31(05):304-10.
25. Tønnessen E, Hem E, Leirstein S, Haugen T, Seiler S. Maximal aerobic power characteristics of male professional soccer players, 1989–2012. *International journal of sports physiology and performance*. 2013;8(3):323-9.
26. Baptista I, Johansen D, Seabra A, Pettersen SA. Position specific player load during match-play in a professional football club. *PloS one*. 2018;13(5):e0198115.

27. Di Mascio M, Bradley PS. Evaluation of the most intense high-intensity running period in English FA premier league soccer matches. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2013;27(4):909-15.
28. McArdle W, Katch FI, Katch VL. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance*. 2001:618-9.
29. Faude O, Kindermann W, Meyer T. Lactate threshold concepts. *Sports medicine*. 2009;39(6):469-90.
30. Spencer M, Bishop D, Dawson B, Goodman C. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities. *Sports medicine*. 2005;35(12):1025-44.
31. Girard O, Mendez-Villanueva A, Bishop D. Repeated-sprint ability—Part I. *Sports medicine*. 2011;41(8):673-94.
32. Collins J, Maughan RJ, Gleeson M, Bilborough J, Jeukendrup A, Morton JP, et al. UEFA expert group statement on nutrition in elite football. Current evidence to inform practical recommendations and guide future research. *British journal of sports medicine*. 2021;55(8):416-.
33. Anderson L, Orme P, Di Michele R, Close GL, Morgans R, Drust B, et al. Quantification of training load during one-, two- and three-game week schedules in professional soccer players from the English Premier League: implications for carbohydrate periodisation. *Journal of sports sciences*. 2016;34(13):1250-9.
34. Saltin B. Metabolic fundamentals in exercise. *Medicine and science in sports*. 1973;5(3):137-46.
35. Anderson L, Orme P, Naughton RJ, Close GL, Milsom J, Rydings D, et al. Energy intake and expenditure of professional soccer players of the English Premier League: evidence of carbohydrate periodization. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2017;27(3):228-38.
36. Phillips SM, Sproule J, Turner AP. Carbohydrate ingestion during team games exercise. *Sports Medicine*. 2011;41(7):559-85.
37. Briggs MA, Harper LD, McNamee G, Cockburn E, Rumbold PL, Stevenson EJ, et al. The effects of an increased calorie breakfast consumed prior to simulated match-play in Academy soccer players. *European journal of sport science*. 2017;17(7):858-66.
38. Mohr M, Krstrup P. Heat stress impairs repeated jump ability after competitive elite soccer games. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2013;27(3):683-9.
39. Judelson DA, Maresh CM, Anderson JM, Armstrong LE, Casa DJ, Kraemer WJ, et al. Hydration and muscular performance. *Sports medicine*. 2007;37(10):907-21.

40. Shirreffs SM, Aragon-Vargas LF, Chamorro M, Maughan RJ, Serratos L, Zachwieja JJ. The sweating response of elite professional soccer players to training in the heat. *International journal of sports medicine*. 2005;26(02):90-5.
41. Maughan R, Shirreffs S, Merson S, Horswill C. Fluid and electrolyte balance in elite male football (soccer) players training in a cool environment. *Journal of sports sciences*. 2005;23(1):73-9.
42. Garthe I, Helle C. *Idrettsernæring: Gyldendal Undervisning*; 2011.
43. Nicol C, Avela J, Komi PV. The stretch-shortening cycle. *Sports medicine*. 2006;36(11):977-99.
44. Greig MP, Mc Naughton LR, Lovell RJ. Physiological and mechanical response to soccer-specific intermittent activity and steady-state activity. *Research in Sports Medicine*. 2006;14(1):29-52.
45. Russell M, Sparkes W, Northeast J, Cook CJ, Love TD, Bracken RM, et al. Changes in acceleration and deceleration capacity throughout professional soccer match-play. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2016;30(10):2839-44.
46. Nédélec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. Recovery in soccer. *Sports medicine*. 2012;42(12):997-1015.
47. Dupont G, Nedelec M, McCall A, McCormack D, Berthoin S, Wisløff U. Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *The American journal of sports medicine*. 2010;38(9):1752-8.
48. Dellal A, Lago-Peñas C, Rey E, Chamari K, Orhant E. The effects of a congested fixture period on physical performance, technical activity and injury rate during matches in a professional soccer team. *British journal of sports medicine*. 2015;49(6):390-4.
49. Häggglund M, Waldén M, Magnusson H, Kristenson K, Bengtsson H, Ekstrand J. Injuries affect team performance negatively in professional football: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *British journal of sports medicine*. 2013;47(12):738-42.
50. Haugen T, Seiler S. Physical and physiological testing of soccer players: why, what and how should we measure? *Sportscience*. 2015;19:10-27.
51. Ross A, Leveritt M, Riek S. Neural influences on sprint running. *Sports medicine*. 2001;31(6):409-25.
52. Kotzamanidis C, Chatzopoulos D, Michailidis C, Papaiakovou G, Patikas D. The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and

- jumping ability of soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2005;19(2):369-75.
53. Moore EWG, Hickey MS, Raoul F Reiser I. Comparison of two twelve week off-season combined training programs on entry level collegiate soccer players' performance *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2005;19(4):791-8.
54. Haugen TA, Tønnessen E, Hisdal J, Seiler S. The role and development of sprinting speed in soccer. *International journal of sports physiology and performance*. 2014;9(3):432-41.
55. Chaouachi A, Manzi V, Wong DP, Chaalali A, Laurencelle L, Chamari K, et al. Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(10):2663-9.
56. Wragg C, Maxwell N, Doust J. Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability. *European journal of applied physiology*. 2000;83(1):77-83.
57. Buchheit M, Mendez-Villanueva A, Simpson B, Bourdon P. Repeated-sprint sequences during youth soccer matches. *International journal of sports medicine*. 2010;31(10):709-16.
58. Schmitz B, Pfeifer C, Kreitz K, Borowski M, Faldum A, Brand S-M. The Yo-Yo intermittent tests: a systematic review and structured compendium of test results. *Frontiers in physiology*. 2018;9:870.
59. Grgic J, Oppici L, Mikulic P, Bangsbo J, Krstrup P, Pedisic Z. Test-retest reliability of the Yo-Yo test: A systematic review. *Sports Medicine*. 2019;49(10):1547-57.
60. Haugen TA, Tønnessen E, Seiler S. Speed and countermovement-jump characteristics of elite female soccer players, 1995–2010. *International journal of sports physiology and performance*. 2012;7(4):340-9.
61. Negra Y, Chaabene H, Amara S, Jaric S, Hammami M, Hachana Y. Evaluation of the Illinois change of direction test in youth elite soccer players of different age. *Journal of human kinetics*. 2017;58:215.
62. Bangsbo J. Time and motion characteristics of competition soccer. *Science Football*. 1992;6:34-40.
63. Young WB, Dawson B, Henry GJ. Agility and change-of-direction speed are independent skills: Implications for training for agility in invasion sports. *International Journal of Sports Science & Coaching*. 2015;10(1):159-69.

64. Helgerud J, Rodas G, Kemi O, Hoff J. Strength and endurance in elite football players. *International journal of sports medicine*. 2011;32(9):677.
65. Wisløff U, Castagna C, Helgerud J, Jones R, Hoff J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British journal of sports medicine*. 2004;38(3):285-8.
66. Mauger AR, Sculthorpe N. A new VO₂max protocol allowing self-pacing in maximal incremental exercise. *British journal of sports medicine*. 2012;46(1):59-63.
67. Haugen TA, Tønnessen E, Hem E, Leirstein S, Seiler S. VO₂max characteristics of elite female soccer players, 1989–2007. *International journal of sports physiology and performance*. 2014;9(3):515-21.
68. Lambert J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1982;49(1):1-12.
69. Refsnes P. Testing av styrke. I Lie, K. og Brandser, B.(Red), *Styrketrening–i teori og praksis*. Oslo: Gyldendal undervisning. 2010:139-57.
70. Ingebrigtsen J, Bendiksen M, Randers MB, Castagna C, Krstrup P, Holtermann A. Yo-Yo IR2 testing of elite and sub-elite soccer players: performance, heart rate response and correlations to other interval tests. *Journal of sports sciences*. 2012;30(13):1337-45.
71. Sporis G, Jukic I, Milanovic L, Vucetic V. Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(3):679-86.
72. Pettersen SA, Johansen HD, Baptista IA, Halvorsen P, Johansen D. Quantified soccer using positional data: A case study. *Frontiers in physiology*. 2018;9:866.
73. Waldron M, Harding J, Barrett S, Gray A. A new foot-mounted inertial measurement system in soccer: reliability and comparison to global positioning systems for velocity measurements during team sport actions. *Journal of Human Kinetics*. 2021;77(1):37-50.
74. Bendiksen M, Pettersen SA, Ingebrigtsen J, Randers MB, Brito J, Mohr M, et al. Application of the Copenhagen Soccer Test in high-level women players - locomotor activities, physiological response and sprint performance. *Hum Mov Sci*. 2013;32(6):1430-42.
75. Stevens T. External load during football training: the power of acceleration and deceleration. 2017.
76. Barrett S, Midgley AW, Towlson C, Garrett A, Portas M, Lovell R. Within-match PlayerLoad™ patterns during a simulated soccer match: potential implications for unit positioning and fatigue management. *International journal of sports physiology and performance*. 2016;11(1):135-40.

77. Helgerud J, Hoydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, et al. Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(4):665-71.
78. Hoff J, Wisløff U, Engen L, Kemi O, Helgerud J. Soccer specific aerobic endurance training. *British journal of sports medicine.* 2002;36(3):218-21.
79. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine & Science in sports & exercise.* 2004;36(6):1042-7.
80. Foster C, Hector LL, Welsh R, Schrager M, Green MA, Snyder AC. Effects of specific versus cross-training on running performance. *European journal of applied physiology and occupational physiology.* 1995;70(4):367-72.
81. Brottveit G. Vitenskapsteori og kvalitative forskningsmetoder: om å arbeide forskningsrelatert: Gyldendal akademisk; 2018.

7 Vedlegg

Vedlegg 1: Samtykkeskjema.

Technology development and evaluation – NN A-team season 2019

Consent: Participation in research project (NSD ref. 45632) with UiT

Background and purpose

The aims of the project are to develop and evaluate next generation soccer analytics and coaching systems. Prototypes developed will be used operationally by NN; additional insight into demands put on participating soccer players might enable us to optimize day-to-day training programs, both individually and for the team. Experience with these systems provides the foundation for publication of research papers and presentations.

What is involved?

Participating in the measurement study implies one or more of the following:

- Players will wear the ZXY sensor belt during some practices and all home games.
- Players will wear the Polar belt during some practices.
- Players will be video filmed during some exercises and games.
- Some volunteers might wear simple sensors like, for instance, a small accelerometer throughout the day.
- Players will regularly submit web-based forms indicating current status and subjective perception of training intensity. The collected information will primarily be used to adjust daily training intensity and doses.

This will impose no danger or discomfort for the participants.

What happens with the information collected?

All data collected will be stored without names, personal numbers, or other directly identifying properties. You will only be tied to the information through an anonymous code. Only authorized personnel in the project and in NN will be able to resolve identities. Players will not be identifiable in any published results.

Voluntarily Participation

Participation is voluntary. You may at any time and without giving any reason, temporarily or permanently, withdraw from all of or parts of this study. If you want to participate, please sign this consent form. If you later want to withdraw your consent, have your data deleted, or have any questions, please contact Svein Arne Pettersen (phone no. 93229644) or Dag Johansen (phone no. 945 25062).

Concent to participate in the project

I voluntarily participate in the project during the 2019 season.

(Signed by participant, date)

I confirm that I have given sufficient information about the study.

Svein Arne Pettersen (date)